



# ATTI DEL XIX CONVEGNO NAZIONALE DI AGROMETEOROLOGIA

---

*Nuove avversità e nuovi servizi  
per gli agroecosistemi*

*New adversities and new services  
for agroecosystems*

Bologna  
14-16 giugno 2016

a cura di  
Francesca Ventura  
Linda Pieri





# ATTI DEL XIX CONVEGNO NAZIONALE DI AGROMETEOROLOGIA

---

*Nuove avversità e nuovi servizi  
per gli agroecosistemi*

*New adversities and new services  
for agroecosystems*

**Bologna  
14-16 giugno 2016**

a cura di  
Francesca Ventura  
Linda Pieri

Dipartimento di Scienze Agrarie  
Università di Bologna



ISBN. 9788898010370

DOI. 10.6092/unibo/amsacta/5164

### **COMITATO SCIENTIFICO**

Francesca Ventura (Vicepresidente AIAM)

Linda Pieri

### **COMITATO ORGANIZZATIVO**

Lucio Botarelli

Vittorio Marletto

Andrea Pasquali

William Pratizzoli

Fiorenzo Salvatorelli

Marco Vignudelli

Giulia Villani

Antonio Volta

### **SEGRETERIA ORGANIZZATIVA**

Federico Spanna (Presidente AIAM)

Simone Falzoi

Tiziana La Iacona

Irene Vercellino

### **IMPAGINAZIONE**

Paolo Zaccarini

*Foto di copertina realizzata da Luca Lombroso*



Bologna, 2016

# SESSIONE I: SUPPORTI AGROMETEOROLOGICI E NUOVE AVVERSITA'

## ORALS

SMART MONITORING: ICT PER IL RILIEVO DELLE AVVERSITÀ

*SMART MONITORING: ICT TO MONITORING OF DISEASES*

Daniele Andreis, Stefano Corradini, Fabio Zottele, Giambattista Toller, Mattia Zaffoni, Michele Margoni, Erica Candioli.....1

LE TECNICHE BIOMOLECOLARI COME SUPPORTO PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE CONTAMINAZIONI DI FALDA: LA PRIMA AZIONE PILOTA IN PUGLIA PER L'IDENTIFICAZIONE DA CONTAMINAZIONE DA NITRATI E INDIVIDUAZIONE DEI RESPONSABILI

*BIOMOLECULAR TECHNIQUES AS A SUPPORT FOR THE IDENTIFICATION OF GROUNDWATER CONTAMINATION: THE FIRST PILOT ACTION IN PUGLIA FOR THE IDENTIFICATION OF CONTAMINATION BY NITRATES AND IDENTIFICATION OF RESPONSIBLE*

Angelantonio Calabrese, Claudia Campanale, Vito Felice Uricchio, Luca Limongelli, Gennaro Laera, Angelo Petrelli, Francesco Schiavone, Luigi Trotta.....3

IL RISCHIO DI INVASIVITÀ DI SPECIE VEGETALI NON-NATIVE INTRODOTTE NEGLI AGROECOSISTEMI MEDITERRANEI COME COLTURE ENERGETICHE. UN CASO STUDIO IN SARDEGNA.

*POTENTIAL RISK OF NON-NATIVE BIOENERGY CROPS INTRODUCED IN MEDITERRANEAN AGROECOSYSTEMS. A CASE STUDY IN SARDINIA*

Qurico Antonio Cossu, Giuseppe Brundu, Luigi Ledda, Marcello Mangone, Simona Canu, Michele Mura, Antonio Furesi.....10

PREVISIONE IN TEMPO REALE DELLA PRESENZA DI SCAPHOIDEUS TITANUS BALL IN PIEMONTE

*REAL TIME FORECAST OF THE PRESENCE OF SCAPHOIDEUS TITANUS BALL IN PIEDMONT*

Simone Falzoi, Federico Lessio, Federico Spanna, Alberto Alma.....15

DIREZIONE PREVALENTE DEL VENTO E DIFESA INTEGRATA DELLE COLTURE CON LA CONFUSIONE SESSUALE

*PREVAILING WIND DIRECTION AND INTEGRATED CROP PROTECTION WITH MATING DISRUPTION*

Giovanni Lacertosa, Emanuele Scalcione, Pietro Dichio, Arturo Caponero.....20

VALIDAZIONE DI MODELLI PER DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA (LECONTE) PER L'INTEGRAZIONE IN SISTEMI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI

*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA (LECONTE) MODELS VALIDATION FOR THE INTEGRATION IN A DECISION SUPPORT SYSTEM*

Susanna Marchi, Diego Guidotti, Massimo Ricciolini, Ruggero Petacchi.....23

CONDIVISIONE E INTERPOLAZIONE DEI DATI AGROMETEOROLOGICI REGIONALI A LIVELLO NAZIONALE: UNA MODESTA PROPOSTA <i>SHARING AND INTERPOLATION OF REGIONAL AGROMETEOROLOGICAL DATA AT THE NATIONAL LEVEL: A MODEST PROPOSAL</i> Vittorio Marletto.....	28
IL PROGETTO ALADIN: UN AGROALIMENTARE IDRO-INTELLIGENTE CONTRO L'APPROCCIO SETTORIALE AL RISPARMIO IDRICO. <i>THE ALADIN PROJECT: HYDRO-SMART FOOD AND AGRICULTURE AGAINST A SECTORAL APPROACH IN WATER SAVINGS</i> Lucio Botarelli, Renzo Valloni, Francesca Ventura, per conto del raggruppamento POR-FESR ALADIN.....	30
VERIFICA DELLE PREVISIONI METEOROLOGICHE DI TRE GRANDEZZE DI BASE <i>VERIFICATION OF METEOROLOGICAL FORECASTS OF THREE BASIC QUANTITIES</i> Francesca Ventura, Fiorenzo Salvatorelli, Angelo Bertozzi, Ivano Valmori.....	32
<b>POSTER</b>	
AGROMETEOROLOGIA IN SANITÀ PUBBLICA. L'USO DELLA TECNOLOGIA GIS PER LA LOTTA ALLA BLUETONGUE <i>AGROMETEOROLOGY IN PUBLIC HEATH. THE ACTION AGAINST BLUETONGUE WITH GIS TECHNOLOGY</i> Stefano Cappai, Federica Loi, Sandro Rolesu, Michele Fiori, Simona Canu , Paolo Capece..	36
IMPIEGO DI MISURE NIVOMETRICHE PER L'ANALISI DI UN MODELLO DI ACCUMULO E SCIOGLIMENTO NEVOSO <i>USE OF SNOW MEASUREMENTS FOR THE ANALYSIS OF A SNOW ACCUMULATION AND MELT MODEL</i> Pierluca D'Agnes, Cesare Govoni, Andrea Spisni, Fausto Tomei, Elena Toth , Vittorio Marletto.....	38
NORMALIZZAZIONE DEI DATI DELLA RETE AGROMETEOROLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA IN FORMATO SYNOP BUFR: UN PASSO AVANTI VERSO LO STANDARD WMO DELLA RETE E L'USO DEI DATI NEL CONTROLLO PREVISIONALE <i>STANDARDIZATION OF DATA COLLECTED BY APULIA REGION AGROMETOROLOGICAL NETWORK BY ADOPTION OF SYNOP BUFR FORMAT: A STEP FORWARD WMO STANDARDS AND DATA EMPLOYMENT FOR THE VALIDATION OF WEATHER FORECASTING MODELS</i> Gennaro Laera, Francesco Schiavone, Angelo Petrelli, Michela Del Prete, Erminio Efisio Riezzo, Angelo Parchitelli, Mario Zippitelli, Giulio D'Amato, Giuseppe Fuggiano, Fabio Coppola.....	41

## **SESSIONE II: STRUMENTI PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

### **ORALS**

STORM TRACK BROWSER: LA NUOVA PIATTAFORMA ALL IN ONE DI NOWCAST E PREVISIONI SHORT TERM

*THE STORM TRACK BROWSER: THE NEW NOWCASTING-SHORT TERM FORESCAT WEATHER PLATFORM*

Paolo Caraccio, Gabriele Ghibaudo, Cristian Rendina, Michele De Rosa.....44

ANALISI DELL'EVOLUZIONE DEI FABBISOGNI IRRIGUI NETTI DELL'OLIVO IN ABRUZZO IN BASE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

*EVOLUTION ANALYSIS OF OLIVE IRRIGATION REQUIREMENTS IN ABRUZZI ACCORDING TO CLIMATE CHANGE*

Bruno Di Lena, Enrico Maria Lodolini, Vania Lanari, Oriana Silvestroni.....49

L'ATLANTE ITALIANO DEL CLIMA E DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SUPPORTO DELL'AGROMETEOROLOGIA

*ITALIAN ATLAS OF CLIMATE AND CLIMATE CHANGE AS SUPPORT FOR AGROMETEOROLOGY*

Stanislao Esposito, Maria Carmen Beltrano, Flora De Natale, Edmondo Di Giuseppe, Luigi Iafrate, Angelo Libertà, Barbara Parisse, Massimo Scaglione.....54

GLI STUDI BIOCLIMATICI COME STRUMENTO PER IL MONITORAGGIO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN SARDEGNA

*BIOCLIMATIC STUDIES AS A TOOL FOR CLIMATE CHANGE MONITORING IN SARDINIA*

Andrea Motroni, Simona Canu, Michele Fiori, Emmanuele Farris.....59

ADATTAMENTO DELLA PRATICA AGRICOLA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: ALCUNI ESEMPI DALLA PIANURA PADANA

*AGRICULTURAL ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE: SOME PRACTICAL EXAMPLES FROM THE PO RIVER PLAIN*

William Pratizzoli, Vittorio Marletto.....63

L'IMPORTANZA DEI FATTORI BIOCLIMATICI, DELLA PEDOLOGIA E DEL LAND COVER NELLA MAPPATURA DEL CARBONIO ORGANICO DEL SUOLO CON UN APPROCCIO GEOSTATISTICI: IL CASO DELLE AREE PIANEGGianti DELLA PIANURA PADANA (LOMBARDIA)

*THE IMPORTANCE OF BIOCLIMATIC, PEDOLOGY AND LAND COVER ON MAPPING SOIL ORGANIC CARBON STOCK WITH GEOSTATISTICAL APPROACHES: THE CASE STUDY OF THE FLAT TERRAINS IN PO VALLEY PLAIN (LOMBARDY) AGROECOSYSTEMS*

Calogero Schillaci, Sergio Saia, Matteo Santesso, Alessia Perego, Stefano Brenna, Marco Acutis.....68



EFFETTI DELLA CIMATURA TARDIVA SULLA CV SANGIOVESE COLTIVATA CON IL METODO BIOLOGICO IN DUE STAGIONI CONTRASTANTI  
*EFFECTS OF POST-VERAISON TRIMMING ON ORGANICALLY-CULTIVATED CV. SANGIOVESE (VITIS VINIFERA L.) IN TWO CONTRASTING SEASONS.*

Paola Tessarin, Adamo Domenico Rombolà.....73

EFFETTI DELLA DEFOGLIAZIONE TARDIVA SULLA CV SANGIOVESE (VITIS VINIFERA L.) COLTIVATA CON IL METODO BIOLOGICO IN DUE STAGIONI CONTRASTANTI  
*EFFECTS OF BUNCH-ZONE LATE DEFOLIATIONS ON GRAPE COMPOSITION AND QUALITY IN ORGANICALLY-CULTIVATED CV. SANGIOVESE (VITIS VINIFERA L.) UNDER DIFFERENT CLIMATIC CONDITIONS*

Paola Tessarin, Adamo Domenico Rombolà.....76

IMPATTO DELL'IRRIGAZIONE SUI PARAMETRI ATMOSFERICI: STUDIO MODELLISTICO APPLICATO ALLA PIANURA PADANA

*IMPACT OF IRRIGATION ON ATMOSPHERIC PARAMETERS: A METHODOLOGICAL APPROACH THROUGH NUMERICAL MODELLING APPLIED TO THE PO VALLEY*

Arianna Valmassoi, Matteo Zampieri, Piero Malguzzi, Silvana Di Sabatino.....80

METEO AGRONOTIZIE: SERVIZI METEO INTERATTIVI ED INNOVATIVI A SUPPORTO DELLA FILIERA AGROALIMENTARE

*SOCIAL AGRO METEO NEWS*

Ivano Valmori, Gabriele Ghibaudo, Paolo Caraccio.....85

IL FATTORE “TEMPO” NELLE RICERCHE DI LUNGO PERIODO: APPROCCI STATISTICI E MODELLISTICI

*THE TIME FACTOR IN THE LONG TERM RESARCHES: STATISTICAL AND MODELLING APPROACHES*

Domenico Ventrella.....89

AGROMETEOROLOGIA PER TUTTI: IL CASO H2ORT

*AGROMETEOROLOGY FOR EVERYBODY: THE H2ORT CASE STUDY*

Antonio Volta, Giulia Villani, Nicola Di Virgilio, Vittorio Marletto, Cesare Govoni, Federico Carboni, Michela Giusti, Lucio Botarelli.....94

## POSTER

ANALISI DELLE POTENZIALITA' RIVOLTE AL CONTESTO CLIMATICO NEI PIANI DI SVILUPPO RURALE IN 4 REGIONI EUROPEE

*ANALYSIS OF THE POTENTIAL TO ADDRESS CLIMATE CONCERNS IN THE RURAL DEVELOPMENT PROGRAMS IN 4 EUROPEAN REGIONS*

Jose Maria Garcia Alvarez-Coque, Camilla Chieco, Nicola Di Virgilio, Ingrid Coninx, Dionisio Ortiz Miranda, Madlaina Zegg, Trinity Enviro, Federica Rossi.....96

SERVIZIO WEB PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DI DILAVAMENTO DEI FERTILIZZANTI AZOTATI IN EMILIA-ROMAGNA

*A WEB SERVICE TO SUPPORT REDUCTION OF N-FERTILIZERS LOSSES IN EMILIA-ROMAGNA*

Gabriele Antolini, Nicola Benatti, Lucio Botarelli, Gianni Cassanelli, Emanuele Di Giacomo, Nicola Laruccia, Vittorio Marletto, Andrea Pasquali, William Pratzoli, Francesco Siviero.....99

STIMA DELLA TORBIDITÀ ATMOSFERICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA MODELLISTICA DELLA RADIAZIONE SOLARE

*QUANTIFYING ATMOSPHERIC TURBIDITY IN EMILIA-ROMAGNA FOR SOLAR RADIATION MODELING*

Gabriele Antolini.....103

ANALISI PRELIMINARE DELLE RELAZIONI DI LUNGO PERIODO TRA PRECIPITAZIONI E PIEZOMETRIE NELLA FASCIA PERI-ADRIATICA ABRUZZESE

*PRELIMINARY ANALYSIS REGARDING LONG PERIOD RAINFALL- PIEZOMETRIC LEVELS RELATIONSHIPS IN ABRUZZO REGION PERI-ADRIATIC AREA*

Alessandro Chiaudani, Diego Di Curzio, Bruno Di Lena, William Palmucci, Sergio Rusi.....106

STRATEGIE DI GESTIONE DELLA CHIOMA ATTE A MIGLIORARE LA QUALITÀ DELLA CV GRECHETTO GENTILE (VITIS VINIFERA L.) COLTIVATA CON IL METODO BIODINAMICO IN RELAZIONE AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

*CANOPY MANAGEMENT STRATEGIES FOR ENHANCING BERRY QUALITY IN BIODINAMICALLY-CULTIVATED CV. GRECHETTO GENTILE (VITIS VINIFERA L.) IN A CHANGING CLIMATE*

Jacopo Davaneri, Paola Tessarin, Chiara Pezzi, Francesco Melcarne, Mahnaz Mohammadi, Francesca Margiotta e Adamo Domenico Rombolà.....111

MAPPE FUNZIONALI DI COLTURE IRRIGUE ALL'INIZIO DELLA STAGIONE IRRIGUA – USO DI SEMPLICI SCHEMI DI CLASSIFICAZIONE NELLE ARRE DIMOSTRATIVE DEL PROGETTO MOSES

*FUNCTIONAL CROP MAPPING AT IRRIGATION SEASON ONSET - SIMPLE CLASSIFICATION SCHEMES APPLICATION IN MOSES DEMONSTRATION AREAS*

Roberto De Bonis, Andrea Spisni, Luca Domenico Sapia, Gabriella Scarpino, Vittorio Marletto.....115

EFFETTO DI UNA TEMPESTA DI VENTO IN UN CEDUO A TURNO BREVE DI PIOPPO FERTIRRIGATO

*EFFECT OF WINDSTORM ON POPLAR SRC WITH DIFFERENT FERTILIZATION AND IRRIGATION MANAGEMENT*

Gianni Faccioto, Sara Bergante.....120

*THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON WHEAT GROWING DEGREE DAYS (THE CASE STUDY OF ZANJAN)*

Pegah Mollaei, Sona Sarfi, Ahad Yaqmuri.....124

IL PROGETTO ADAPT2CLIMA PER L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI  
NELLE ISOLE DEL MEDITERRANEO

*ADAPT2CLIMA PROJECT FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IMPACTS ON  
MEDITERRANEAN ISLANDS*

Luigi Pasotti, Marco Moriondo, Christos Giannakopoulos.....128

SERVIZI METEOROLOGICI E CLIMATICI PER GLI AGRICOLTORI: VALUTAZIONE DI  
IMPATTO IN ALCUNI PAESI AFRICANI

*WEATHER AND CLIMATE SERVICES FOR FARMERS: IMPACT ASSESSMENT IN WEST AFRICA*

Vieri Tarchiani, Federica Rossi, José Camacho, Robert Stefanski, Mian Kodjenini Augustin Dominic,  
Soami Poekperlaar, Hamidou Coulibaly, Aïssatou Sitta Adamou.....129

EFFETTO DELLA POTATURA TARDIVA SULLA COMPOSIZIONE DI UVE BIOLOGICHE  
SANGIOVESE

*EFFECT OF LATE WINTER PRUNING ON SANGIOVESE GRAPE BERRY COMPOSITION FROM  
ORGANIC MANAGEMENT*

Nemanja Teslić, Andrea Versari.....131

SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO NELLE AREE ITALIANE SELEZIONATE NEL  
PROGETTO PRIMES -LIFE+

*CLIMATE CHANGE SCENARIOS OVER ITALIAN AREAS SELECTED IN PRIMES-LIFE+  
PROJECT*

Rodica Tomozeiu, Carlo Cacciamani, Lucio Botarelli.....135

ANALISI DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE IN EMILIA-ROMAGNA SU GRIGLIA  
INTERPOLATA ERG5

*ANALYSIS OF THE POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN EMILIA-ROMAGNA THROUGH  
THE ERG5 INTERPOLATED GRID*

Antonio Volta, Gabriele Antolini, Fausto Tomei, William Pratizzoli, Vittorio Marletto.....138

# SMART MONITORING: ICT PER IL RILIEVO DELLE AVVERSAITÀ

## SMART MONITORING: ICT TO MONITORING OF DISEASES

Daniele Andreis, Stefano Corradini\*, Fabio Zottele, Giambattista Toller, Mattia Zaffoni, Michele Margoni, Erica Candioli

ENTE– Fondazione Edmund Mach (FEM), via E. Mach 1, 38010, San Michele all'Adige (Trento)

\*[stefano.corradini@fmach.it](mailto:stefano.corradini@fmach.it)

### Abstract

In agronomy, the evidences collected by qualified personnel are used to steer effective advises to the farmers and to approach in an operative way the emerging phenomena. The SmartMonitoring project is based on the newest information and communication technology and has the aim to optimize the collection and management of agronomic data: by using a smartphone application and a web based application, the users can save their own survey, “stay up to date” with the co-workers and access the complete database of the recorded events. The protocol that has been developed to optimize the collection of the data emerged as the synthesis of the many different “best practices” and “standards” used by the users. We hope that this approach will eventually produce coherent and homogeneous time series of measures that will be available to the data analysts for producing effective reports and for future researches based on these observations.

### Parole chiave

Android, Mobile, Data analysis, Monitoraggio, Agricoltura

### Keywords

Android, Mobile, Data analysis, Monitoring, Agriculture

### Introduzione

L'osservazione diretta della presenza ed evoluzione di particolari patologie da parte di personale esperto resta tuttora il modo migliore per monitorare correttamente la situazione fitopatologica delle colture.

I tecnici della Fondazione E. Mach (FEM) sono impegnati per monitorare il territorio e rilevare lo stato di alcune patologie della vite e del melo. Le informazioni raccolte sono fondamentali per definire le strategie d'intervento a breve e a medio termine.

Nel recente passato le osservazioni di campagna venivano rilevate quasi esclusivamente utilizzando schede cartacee e solo raramente venivano utilizzati dispositivi elettronici (PC portatili, GPS, cellulare) ma con ovvie limitazioni dovute a peso, autonomia e usabilità. Successivamente i dati venivano riportati su foglio elettronico.

Questa procedura ha evidenziato molteplici problematiche: errori, perdita delle informazioni, lentezza delle procedure, impossibilità di avere dati elaborati e condivisi in tempo reale e organizzazione delle informazioni elaborate per un loro futuro utilizzo.

Per superare questi limiti è nato il progetto SmartMonitoring interamente sviluppato all'interno di FEM.

L'obiettivo di questo progetto è quello di automatizzare e riorganizzare il monitoraggio fitopatologico, l'archiviazione, l'accessibilità e la condivisione dei dati per successivi utilizzi.

L'idea si basa sull'utilizzo di un dispositivo mobile dotato di connettività Internet e di un apposito programma per effettuare il data-entry che permetta l'invio dei dati in real-time su database centrale e successivamente di gestire i dati tramite portale web.

### Materiali e Metodi

Il progetto si può suddividere in quattro attività ognuna delle quali ha previsto lo sviluppo di appositi strumenti:

1. raccolta delle misure in campo (data-entry);
2. archiviazione dei dati su DB relazionale;
3. gestione dei dati, accessi e utenti;
4. elaborazione e visualizzazione delle informazioni.

Il sistema, ed in particolare le interfacce di inserimento dati e di consultazione, oltre ad essere definite secondo regole di praticità, devono anche essere condivise dai vari utenti. Per questo, la progettazione del sistema ha seguito una metodologia *agile* (Fowler et al. 2001). Fin dal principio si è instaurata una stretta collaborazione tra gli sviluppatori software e gli utenti finali (tecnici di campagna). Proprio quest'ultimi hanno progettato le interfacce per l'inserimento dei dati per ogni patologia al fine di garantire usabilità, velocità ed efficacia nell'utilizzo di questi strumenti e testato in maniera continua, durante i vari cicli di sviluppo, tutto il sistema.

Lo strumento individuato per informatizzare la raccolta dei dati è stato lo smartphone. Per ottimizzare al meglio le prestazioni, si è scelto di sviluppare le APP in codice nativo, il primo passo è quindi stato quello di scegliere la piattaforma: per la sua grande diffusione fra gli utilizzatori finali, la scelta è stata Android. Si sono quindi realizzate degli applicativi diversi per i principali settori interessati alla raccolta dei dati (viticoltura e frutticoltura) dando vita a due app denominate FieldOfficeVITE e FieldOfficeMELO. Lo sviluppo è stato possibile grazie all'Android SDK (software developer tools) ed ad una serie di librerie esterne che lo potenziano e ne semplificano l'uso.

Particolare attenzione è stata riservata alla creazione di un'architettura modulare delle APP per garantire flessibilità di utilizzo e la possibilità di aggiungere/rimuovere velocemente nuovi tipi di controllo.

Componenti fondamentali delle varie applicazioni sono l'autenticazione utente e l'aggiornamento dei dati (download and upload). Per questa parte si è utilizzato l'Android adapter framework, implementandone ed estendendone i vari componenti. Questo ha consentito, usando SQLite, di mantenere una copia dei dati in locale, effettuando delle sincronizzazioni periodiche con il database remoto sia per trasmettere i dati rilevati che per riceverli, ed avere a disposizione sul dispositivo locale, i vari rilievi effettuati da altri utenti. La creazione dei siti di rilievo avviene direttamente sullo smartphone che permette la geo localizzazione automatica e la visualizzazione dei siti su mappa.

Gli applicativi sul server centrale (Linux) sono stati scritti utilizzando PHP e Javascript. Il RDBMS utilizzato è stato MySQL con il web server Apache.

Sono state sviluppate della API (application programming interface) che permettono alle APP Android di effettuare l'autenticazione utente, la sincronizzazione dei dati e l'archiviazione dei dati. Il database è modulare e rispecchia la struttura residente sullo smartphone per garantire la corretta sincronizzazione dei dati. Il portale web permette all'utente di visualizzare e modificare i propri dati. L'architettura gerarchica e modulare del sistema permette di visualizzare i dati rilevati da altri utenti e/o condividere i propri siti di rilievo con altri tecnici.

Infine è prevista l'esportazione su foglio elettronico dei dati per successive elaborazioni.

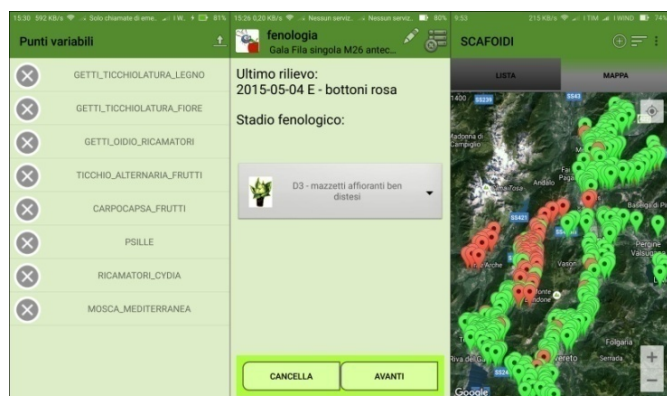


Fig.1 – Alcuni screenshots delle APP FieldOfficeMELO e FieldOfficeVITE.

Fig.1- Some screenshots of APP FieldOfficeMELO and FieldOfficeVITE

## Risultati e Discussione

Un primo abbozzo del “sistema” SmartMonitoring ha visto la luce nel 2013, quando ad un gruppo di tecnici viticoli è stata fornita la relativa applicazione per smartphone per il rilievo di due patologie e la possibilità di accedere ad un portale di gestione dei dati. Nel 2014 sono state aumentate le patologie rilevabili migliorando l'usabilità e funzionalità del programma e si è iniziata la progettazione della parte frutticola entrata in produzione nel 2015.

Sono stati effettuati dei rilievi utilizzando sia smartphone di dimensione tra i 4” e 5” sia tablet visto che l'APP è

perfettamente compatibile con tutte le piattaforme Android indipendentemente dalle dimensioni.

Fin dalle prime rilevazioni si è subito notato che lo smartphone permette una buona usabilità sia in termini di autonomia, praticità (si usa con una mano sola mentre l'altra è libera) e visibilità dello schermo anche all'aperto.

Oltre alle tradizionali creazione di report tabellari ed esportazioni su foglio elettronico dei dati sono state effettuate delle prime elaborazioni geo-statistiche con l'obiettivo di creare delle mappe di rischio per le singole patologie.

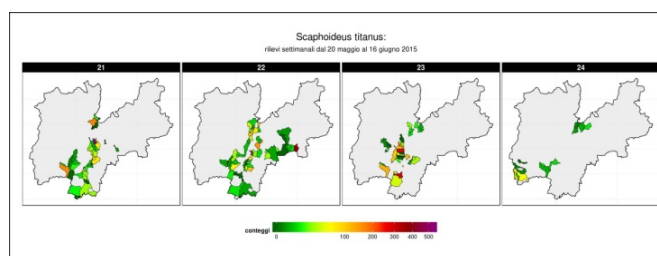


Fig.2 – Diffusione nel tempo e nello spazio dello Scaphoideus titanus

Fig.2- Results of the spatio-temporal dynamic of the Scaphoideus titanus.

## Conclusioni

I rilievi effettuati sfruttando le nuove tecnologie hanno permesso in primo luogo di archiviare e distribuire i dati in tempo reale. Il secondo obiettivo raggiunto è stato quello di definire il protocollo di rilievo così che i dati siano confrontabili tra loro. L'organizzazione modulare e gerarchica ha migliorato la collaborazione dei tecnici di campagna grazie alla condivisione in tempo reale dei dati.

## Bibliografia e riferimenti WEB

- Anders G. 2014. Efficient Android Threading Asynchronous Processing Techniques for Android Application. O'Reilly Media.
- Fowler M., Highsmith J., 2001. The agile manifesto. Software Development 9.8, 28-35
- <http://developer.android.com/sdk/index.html>

**LE TECNICHE BIOMOLECOLARI COME SUPPORTO PER  
L'IDENTIFICAZIONE DELLE CONTAMINAZIONI DI Falda:  
LA PRIMA AZIONE PILOTA IN PUGLIA PER L'IDENTIFICAZIONE  
DA CONTAMINAZIONE DA NITRATI E INDIVIDUAZIONE DEI  
RESPONSABILI** *BIOMOLECULAR TECHNIQUES AS A SUPPORT FOR  
THE IDENTIFICATION OF GROUNDWATER CONTAMINATION : THE  
FIRST PILOT ACTION IN PUGLIA FOR THE IDENTIFICATION OF  
CONTAMINATION BY NITRATES AND IDENTIFICATION OF THOSE  
RESPONSIBLE*

Angelantonio Calabrese<sup>1\*</sup>, Claudia Campanale<sup>1</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1</sup>, Luca Limongelli<sup>2</sup>, Gennaro  
Laera<sup>3</sup>,  
Angelo Petrelli<sup>3</sup>, Francesco Schiavone<sup>3</sup>, Luigi Trotta<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Istituto di ricerca Sulle Acque – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Viale Francesco de Blasio, 5 70132 Bari

<sup>2</sup> Sezione Risorse Idriche – Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale e Tutela dell'Ambiente, via delle Magnolie 6-8, Z.I. Modugno (BA)

<sup>3</sup> Associazione Regionale dei Consorzi di Difesa della Regione Puglia, Via De Vito Francesco 2N, 23-25 70124 BARI (BA)

<sup>4</sup> Servizio Agricoltura, Assessorato Risorse Agroalimentari Regione Puglia, Lungomare Nazario Sauro, n.45 - 70121 Bari

\*angelantonio.calabrese@ba.irsra.cnr.it

#### **Abstract**

Breakthroughs in molecular biology over the past 20 years have led to the development of new research methods of microorganisms based on the identification of specific gene sequences. The molecular diagnosis is revealed, in general, more sensitive and more specific than traditional culture methods and requires less time for identification. The gene-sequencing of the amplified fragments allows, also, to identify the bacterial types present and to perform molecular epidemiology studies and phylogenetic analysis. The pilot action carried out on the territory of Puglia region was aimed at identifying the precise sources of potential contamination by nitrates distinguishing the origin of nitrate mineral fertilizers, manure, municipal waste, sewage sludge, etc., using biomolecular approach. As part of this pilot project as the investigations were carried out on 23 wells - identified in the region on the basis of the results of the monitoring of the concentration of nitrates conducted over the period 2008-2014 . In such wells , in fact , they had been recorded exceedances of regulatory limits ( 50 mg / L , Legislative Decree no. 152/06 ). The application of molecular analysis allowed to respond to priorities of the activity showing the picture of the highlighted situations.

#### **Parole chiave:**

Biomolecolare, nitrati, contaminazione, acqua di falda, DNA

#### **Keywords:**

Biomolecular, nitrates, contamination, groundwater, DNA

#### **Introduzione**

Gli ecosistemi delle acque sotterranee sono direttamente interessati dalla presenza di fattori ambientali limitanti (assenza di luce, disponibilità limitata di nutrienti, basse temperature, ecc.) che condizionano l'esistenza di comunità microbiche peculiari ben adattate a condizioni di vita "estreme". Oggi è noto che l'intero sistema del sottosuolo è colonizzato dai microorganismi, principalmente

presenti in comunità microbiche, costituite da batteri e Archaea, ma anche da protozoi e funghi, che svolgono ruoli rilevanti nei processi biogeochimici.

Le comunità microbiche presenti negli acquiferi sono costituite principalmente da eterotrofi ben adattati all'ambiente sotterraneo (Ghiorse & Wilson, 1988; Madsen & Ghiorse, 1993) e sono caratterizzanti lo stato di eterogeneità idrologica, chimica e geologica della falda (Madsen &



Ghiorse,1993).

La presenza di diversi fattori di tipo biotico e abiotico può influenzare in maniera

diretta o indiretta la diversità microbica negli ecosistemi. È stato dimostrato, infatti, come ogni falda è caratterizzata da una tipica comunità batterica generalmente stabile nel tempo e nello spazio che è influenzata direttamente dai principali parametri chimico-fisici caratterizzanti lo status acquifero, influenzato, a sua volta, dall'eterogeneità spaziale dell'unità geologica ospitante, dalla natura dello strato di suolo sovrastante la falda, dalla biogeografia e dall'uso del suolo superficiale.

La stabilità delle comunità batteriche viene interrotta qualora vi siano variazioni spaziali e/o disturbi temporali dei parametri chimico-fisici caratterizzanti lo status acquifero, ad esempio da una contaminazione. Tale cambiamento può determinare tre diverse dinamiche di trasformazione delle comunità microbiche presenti: (i) aumento di determinati ceppi batterici già presenti in essi; (ii) inclusione di nuovi ceppi batterici alieni; (iii) scomparsa di alcuni ceppi batterici - causa la presenza di sostanze tossiche - con eventuale presenza di nuovi ceppi alieni. Inoltre, in base alla tipologia di contaminazione (puntiforme o diffusa) e alla classe di contaminanti si hanno differenti impatti sulle comunità microbiche degli acquiferi sotterranei.

Le procedure "standard" di analisi delle comunità microbiche, o "metodi classici", prevedono l'identificazione dei microrganismi attraverso l'isolamento di colture pure, seguita da test che analizzano alcune caratteristiche morfo-fisiologiche e biochimiche. Queste analisi non sono sufficienti per l'identificazione della maggior parte delle specie di microrganismi e sono limitate alle specie coltivabili che rappresentano una piccolissima percentuale di tutte le specie presenti in natura. Questi test, inoltre, presentano il grave limite di richiedere un notevole dispendio di tempo e, dal punto di vista economico, risultano spesso onerosi. Nel corso degli ultimi decenni, le ricerche nel campo della microbiologia ambientale hanno dimostrato che le comunità microbiche svolgono un ruolo funzionale di controllo degli ecosistemi che non è riconducibile a singole specie. Per questi motivi, sono state sviluppate nuove metodologie che, basate sulla individuazione di specifiche regioni genomiche caratterizzate da particolari sequenze geniche, hanno permesso di analizzare la struttura delle comunità microbiche

indipendentemente dalla fase d'isolamento, allo scopo di caratterizzarle nel loro insieme (Head et al., 1998). Con lo sviluppo dell'amplificazione genica sono stati raggiunti livelli di sensibilità mai ottenuti con le altre tecniche di rilevazione tradizionali. Tali metodi sono usualmente rapidi e possono essere applicati per la ricerca sia di specifici patogeni che di gruppi di microrganismi.

L'identificazione delle specie presenti nella matrice ambientale e delle relative sequenze nucleotidiche permette, infatti, una diretta correlazione della possibile contaminazione con le fonti ad essa collegata.

Il sequenziamento genico consente, inoltre, di identificare i tipi batterici presenti e di supportare studi di epidemiologia molecolare ed analisi filogenetiche.

Nel presente lavoro, la tecnica biomolecolare è stata utilizzata per condurre un'indagine metagenomica nell'ambito di un'azione pilota realizzata per la Regione Puglia (Servizio Tutela delle Acque) e finalizzata all'individuazione delle potenziali fonti di contaminazione da nitrati in un numero selezionato di pozzi localizzati sul territorio pugliese. Nello specifico, è stata condotta un'analisi mirata per l'identificazione di specie batteriche selezionate che sono indicative della fonte di provenienza dei nitrati in campioni acquosi.

L'obiettivo principale del lavoro è stato quello di identificare con esattezza l'origine dei nitrati rilevati nei campioni acquosi indagati al fine di individuare le cause di contaminazione (effluenti zootecnici, reflui urbani, fanghi di depurazione, ecc) nei pozzi risultati inquinati.

## **Materiali e metodi**

### Attività di campionamento

Nell'ambito della presente attività è stata pianificata e realizzata una specifica campagna di campionamento che ha interessato 22 pozzi dislocati sui territori delle cinque province della Regione Puglia. Tali pozzi sono stati selezionati sulla base dei risultati - ottenuti in precedenti attività di monitoraggio dei corpi idrici regionali - che hanno evidenziato la presenza di contaminazione da nitrati (concentrazione superiore ai 50 mg/l NO<sub>3</sub>).

Per la presente attività è stato effettuato in tutti i pozzi un campionamento "istantaneo" di tipo dinamico o in flusso secondo le modalità riportate nel D.lgs. 31/2001.

Nel complesso, sono stati indagati: 5 pozzi nella

provincia di Foggia, 4 nella provincia di Bari, 4 nella provincia di Brindisi, 3 nella provincia di Taranto e 6 nella provincia di Lecce (Fig. 1).



*Fig. 1 - Localizzazione dei pozzi indagati sul territorio pugliese.*

*Fig. 1 – Location of wells investigated in Apulia*

#### Analisi chimiche

Su ciascun campione di acqua prelevato dai pozzi indicati sono state condotte le determinazioni analitiche di un set di parametri chimici (Tabella 1) al fine di poter determinare l'eventuale contaminazione presente. L'analisi dei suddetti parametri è finalizzata alla valutazione della tipologia di contaminazione nei campioni di acqua; infatti, valori elevati di ammoniaca e nitrito possono essere correlati a contaminazioni antropiche o a contaminazioni imputabili alla presenza di allevamenti di bestiame; inoltre, un eccessivo contenuto di fosfati e di solfati può essere correlato ad attività agricole di tipo intensivo. In ultimo, le analisi dei metalli (piombo, cadmio, nichel e zinco), sono state condotte per evidenziare eventuali contaminazioni imputabili ad attività industriali.

*Tab. 1 - Parametri chimico-fisici determinati per le acqua campionate*

*Tab. 1 - Chemical and physical parameters determined for the sampled water*

Parametro	Unità di misura
pH	
Conducibilità elettrica	mS/cm
Salinità	%NaCl
Solidi Totali Disciolti	mg/l di O <sub>2</sub>
Azoto nitrico	mg/ di NO <sub>3</sub>
Azoto ammoniacale	mg/l di NH <sub>4</sub>
Azoto nitroso	mg/l di NO <sub>2</sub>
Azoto totale	mg/l di N
Chemical Oxygen Demand	mg/l O <sub>2</sub>
Fosfati	mg/l di PO <sub>3</sub>
Solfati	mg/l di SO <sub>4</sub>
Rame	mg/l di Cu
Cadmio	mg/l di Cd
Piombo	mg/l di Pb
Nichel	mg/l di Ni
Zinco	mg/l di Zn

#### Analisi genetiche con tecnologie biomolecolari

Su ciascuno dei campioni di acqua prelevate sono state realizzate indagini genetiche volte all'identificazione di un numero di specie batteriche opportunamente selezionate poiché indicative della fonte di provenienza dei nitrati.

Sulla base di studi pregressi e delle indicazioni bibliografiche si è effettuata l'indagine genomica identificando i ceppi batterici riportati in Tab 2.

Su tutti i campioni sono state eseguite analisi per l'identificazione di tutti i ceppi precedentemente indicati attraverso l'individuazione di specifiche sequenze geniche della regione 16S rDNA.

I campioni prelevati, dopo essere stati messi in coltura, e dopo opportuna crescita su piastra, sono stati analizzati attraverso l'utilizzo della Polymerase Chain Reaction (PCR) che permette l'amplificazione delle sequenze dopo opportuna estrazione del DNA batterico.

Tab. 2 - Specie batteriche analizzate nei campioni acquosi prelevati nei pozzi di indagine.

Tab. 2 - Bacterial species analyzed in water samples collected in the survey wells

Specie batteriche	Tipologia di contaminazione
Bifidobacterium	contaminazione antropica (Barrett et al., 2002)
E. Faecalis	indicativo di refluo proveniente da depuratore (Boccia et al., 2002; Eigner et al., 2008)
E. Faecium	indicativo di refluo proveniente da depuratore (Boccia et al., 2002; Eigner et al., 2008)
Bacteroides-Prevotella	contaminazione legata all'utilizzo di letame (Savichtcheva et al., 2006)
E. Avium	
E. Casseliflavus	
E. Durans	
E. Gallinarum	
E. Hirae	
E. Saccharolyticus	
Nitrobacter	contaminazione dovuta ad attività di tipo agricolo (Cébron e Garnier., 2005)
Nitrospira	contaminazione dovuta ad attività di tipo agricolo (Cébron e Garnier., 2005)

L'identificazione del BIFIDOBACTERIUM - batterio presente esclusivamente nelle feci umane (Layton et al., 2006; Anne et al., 2000; Kimura et al. 1997; Kreader, 1995, Resnick e Levin., 1981) - è stata condotta utilizzando sonde sito-specifiche per la regione 16S rDNA. L'amplificazione ha come risultato una sequenza genica specifica di 313bp.

L'identificazione del BACTEROIDES-PREVOTELLA, batterio presente esclusivamente nelle feci bovine (Layton et al., 2006; Anne et al., 2000; Fiksdal et al., 1985), è stata realizzata utilizzando sonde sito-specifiche per la regione 16S rDNA. L'amplificazione ha come risultato due sequenze geniche specifiche relativamente di 453 bd e di 222 bp).

Su tutti i campioni sono state eseguite analisi per l'identificazione di tutti i ceppi precedentemente indicati attraverso l'individuazione di specifiche sequenze geniche della regione 16S rDNA.

I campioni prelevati, dopo essere stati messi in coltura, e dopo opportuna crescita su piastra, sono stati analizzati attraverso l'utilizzo della Polymerase Chain Reaction (PCR) che permette l'amplificazione delle sequenze dopo opportuna estrazione del DNA batterico.

L'identificazione del BIFIDOBACTERIUM - batterio presente esclusivamente nelle feci umane (Layton et al., 2006; Anne et al., 2000; Kimura et al. 1997; Kreader, 1995, Resnick e Levin., 1981) - è stata condotta utilizzando sonde sito-specifiche per la regione 16S rDNA. L'amplificazione ha come risultato una sequenza genica specifica di 313bp.

L'identificazione del BACTEROIDES-PREVOTELLA, batterio presente esclusivamente nelle feci bovine (Layton et al., 2006; Anne et al., 2000; Fiksdal et al., 1985), è stata realizzata utilizzando sonde sito-specifiche per la regione 16S rDNA. L'amplificazione ha come risultato due sequenze geniche specifiche relativamente di 453 bd e di 222 bp).

L'identificazione delle specie di ENTEROCOCCUS, riscontrabili nelle feci umane e/o di specie animali (Jackson et al., 2004; Baele et al., 2000; Deasy et al 2000; Ke et al 1999) è stata condotta utilizzando sonde sito-specifiche per la regione 16S rDNA. L'amplificazione ha come risultato sequenze geniche specifiche di diversa lunghezza.

L'identificazione dei NITROBACTER, batterio presente nelle aree in cui vi è un particolare utilizzo di specifici concimi agricoli di sintesi (Degrange et al., 1995; Cébron e Garnier., 2005; Chartrain et al., 1983; Bock et al., 1990; Degrange e Bardin, 1995], è stata condotta utilizzando sonde sito-specifiche per la regione 16S rDNA. L'amplificazione ha come risultato una sequenza genica specifica di 220 bp.

L'identificazione dei NITROSPIRA, batterio presente nelle aree in cui vi è un particolare utilizzo di specifici concimi agricoli di sintesi (Dionisi et al., 2002; Cébron e Garnier., 2005; Bock and Koops, 1992; Burrell et al., 1998; Juretschko et al., 1998; Gieseke et al., 2001) è stata condotta utilizzando sonde sito specifiche per la regione 16S rDNA. L'amplificazione ha come risultato una sequenza genica specifica di 397 bp.

Le informazioni biomolecolari ottenute sono state elaborate attraverso tecniche bioinformatiche al fine di poter identificare con alta precisione le specie batteriche riconducibili a specifiche fonti di contaminazione. Lo studio bio-informatico ha permesso, inoltre, l'identificazione della comunità

batterica presente nei pozzi campionati.

## Risultati e discussione

Le analisi chimiche hanno rivelato che su un totale di 22 pozzi investigati, la contaminazione da nitrati (superamento del limite normativo pari a 50 mg/l di NO<sub>3</sub>) è stata registrata in 7 pozzi: uno in provincia di Foggia, uno in provincia di Bari, quattro in provincia di Brindisi ed uno in provincia di Lecce.

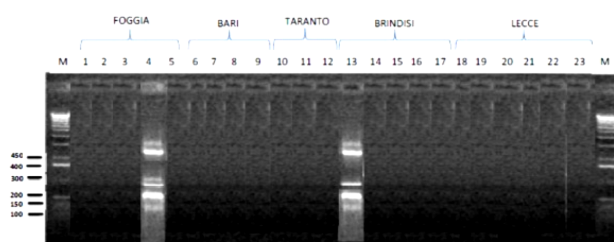


Fig. 2 - Risultati della corsa elettroforetica su gel di agarosio all'1% di amplificazione, per l'analisi del *Bacteroides-Prevotella* mediante il doppio frammento identificativo (222 bp e 453 bp).

Fig. 2 - Results of electrophoresis on 1% agarose gel of amplification, for the analysis of the *Bacteroides - Prevotella* by the double identifier fragment (222 bp and 453 bp)

Il ceppo batterico *Bacteroides-Prevotella*, tipicamente osservato nelle feci di bovini (Layton et al., 2006; Anne et al., 2000; Fiksdal et al., 1985), è stato riscontrato esclusivamente in due dei ventitre campioni di acqua indagati le cui analisi chimiche hanno evidenziato superamenti dei limiti normativi per la concentrazione dei nitrati: uno prelevato in provincia di Foggia (4FG) e l'altro prelevato in provincia di Brindisi (13BR) come evidenziato in Fig. 2.

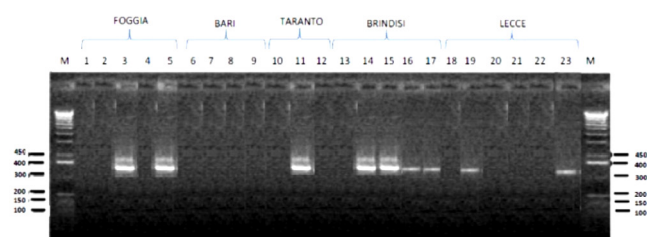


Fig. 3 - Risultati della corsa elettroforetica su gel di agarosio all'1% di amplificazione per l'analisi della specie *Enterococcus Faecalis* con il frammento a 360 bp.

Fig. 3 - Results of electrophoresis on a 1% agarose gel of amplification for the analysis of *Enterococcus Faecalis* species with the fragment at 360 bp.

I risultati dell'analisi genomica riportati in Fig. 3 evidenziano che il ceppo batterico *Enterococcus Faecalis* è stato riscontrato: in due campioni prelevati in provincia di Foggia (3 e 5FG), nel campione 11TA prelevato in provincia di Taranto ed in quattro dei cinque campioni prelevati nella provincia di Brindisi, per tre dei quali (14, 15 e 16 BR) le determinazioni analitiche dei nitrati hanno evidenziato superamenti della concentrazione soglia normativa. Pertanto, in tali pozzi la contaminazione è riconducibile a fonti antropiche poiché la specie riscontrata è tipicamente presente nelle feci umane (Jackson et al., 2004; Baele et al., 2000; Deasy et al 2000; Ke et al 1999).

Tale specie batterica, inoltre, è stata riscontrata anche in due campioni di Lecce (19 e 23LE) come mostrato in Figura 3.

L'analisi delle specie *Nitrobacter* con il frammento a 220bp ha evidenziato che tale specie è stata riscontrata in tutti i campioni di acqua prelevati in provincia di Bari, in un campione prelevato nella provincia di Taranto (12TA) ed in tre campioni prelevati in provincia di Lecce (18, 20 e 21LE). Di questi, esclusivamente per il campione 7BA è stato osservato un valore di nitrati superiore ai limiti normativi. Pertanto l'identificazione di tale ceppo batterico, presente nelle aree in cui vi è un particolare utilizzo di specifici concimi agricoli di sintesi (Degrange et al., 1995; Cébron e Garnier, 2005; Chartrain et al., 1983; Bock et al., 1990; Degrange e Bardin, 1995) è indicativo di contaminazione da nitrati proveniente da fonte agricola.

## Conclusioni

L'attività scientifica svolta nel presente lavoro è stata finalizzata all'individuazione puntuale delle potenziali fonti di contaminazione da nitrati distinguendo la fonte di provenienza dei nitrati (fertilizzanti minerali, effluenti zootecnici, reflui urbani, fanghi di depurazione, ecc.) mediante analisi biomolecolare di campioni di acque sotterranee prelevati in 22 pozzi - identificati sul territorio regionale sulla base dei risultati ottenuti in precedenti monitoraggi dei nitrati (periodo 2008-2014). In tali pozzi, infatti, erano stati registrati superamenti dei limiti normativi (50 mg/L, D.Lgs. 152/06).

La metodologia saggiata ha permesso in ultimo di supportare le operazioni di revisione delle "Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola" (ZVN) del territorio regionale pugliese.

## Bibliografia

Anne E., Bernhard A., Field A.G., 2000. "Identification of Nonpoint Sources of Fecal Pollution in Coastal Waters by Using Host-Specific 16S Ribosomal DNA Genetic Markers from Fecal An aerobes". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol 66: pp. 1587-1594.

Baele, M., Baele P., Vaneechoutte M., Storms V., Butaye P., Devriese L. A., Verschraegen G., Gillis M., Haesebrouck F., 2000. "Application of tRNA intergenic spacer PCR for identification of *Enterococcus* species". *J. Clin. Microbiol.*, Vol 38:4201-4207.

Barrett M.H., Howard A.G., 2002. "Urban groundwater and sanitation – developed and developing countries".

Boccia D., D'Ancona F., Pantosti A., 2002. "The National AR-ISS antibiotic resistance project: Preliminary data on vancomycin resistance in invasive strains of *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium*", BEN, Bolletino Epidemiologico Nazionale 2002, Vol. 15.

Bock E., Koops H.-P., 1992. "The genus *Nitrobacter* and related genera". In: Balows, A., Tru per, H.G., Dworkin, M., Harder, W., Shleifer, K.-H. (Eds.), *The Prokaryotes*, second Ed. Springer, New York, pp. 2302-2309.

Bock E., Koops H.-P., Moller U.C., Rudert M., 1990. "A new facultatively nitrite-oxidizing bacterium, *Nitrobacter vulgaris* sp". nov. *Arch. Microbiol.* Vol. 153: 105-110.

Burrell P.C., Keller J., Blackall L.L., 1998. "Microbiology of a nitrite-oxidizing bioreactor". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 64: 1878-1883;

Cébron A., Garnier J., 2005. *Nitrobacter* and *Nitrospira* genera as representatives of nitrite-oxidizing bacteria: Detection, quantification and growth along the lower Seine River (France) *Water Research*, Vol. 39: 4979-4992.

Chartrain M., Rizet M., Faup G., 1983. "Isolation of *Nitrobacter* from sewage and drinking water". *Water Res.*, Vol. 17: 831-832.

Deasy B. M., Rea M. C., Fitzgerald G. F., Cogan T. M., Beresford T. P., 2000. "A rapid PCR based method to distinguish between *Lactococcus* and *Enterococcus*". *Syst. Appl. Microbiol.*, Vol23:510-522.

Degrange V., Lensi R., Bardin R., 1998. "Activity, size and structure of a *Nitrobacter* community as affected by organic carbon and nitrite in sterile soil". *FEMS Microbiol. Ecol.*, Vol 24: 173-180.

Degrange V., Bardin R., 1995. "Detection and counting of *Nitrobacter* populations in soil by PCR". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol 61: 2093-2098.

Dionisi H.M., Layton A.C., Harms G., Gregory I.R., Robinson K.G., Sayler G.S., 2002. "Quantification of *Nitrosomonas oligotropha*-like ammonia-oxidizing bacteria and *Nitrospira* spp. from full-scale wastewater treatment plants by competitive PCR". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 68: 245-253.

Eigner U., Fahr A., Weizenegger M. and Witte W., 2008. "Evaluation of a New Molecular System for Simultaneous Identification of Four *Enterococcus* Species a Their Glycopeptide Resistance Genotypes in waste water", *J. Clin. Microbiol.*, Vol. 43 No. 6: 2920-2922.

Fiksdal L., Make J. S., LaCroix S. J., Staley J. T., 1985. "Survival and detection of *Bacteroides* spp., prospective indicator bacteria". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 49:148-150.

Gieseke A., Purkhold U., Wagner M., Amann R., Schramm A., 2001. "Community structure and activity dynamics of nitrifying bacteria in a phosphate-removing biofilm". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 67: 1351-1362.

Jackson C.R., Fedorka-Cray R.J., Barrett J.B., 2004. "Use of a Genus- and Species-Specific Multiplex PCR for Identification of *Enterococci*". *JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY*, Vol 42,n 8: 3558-3565.

Juretschko S., Timmermann G., Schmid M., Schleifer K.-H., Pommerening-Ro ser A., Koops H.P., Wagner M., 1998. "Combined molecular and conventional analysis of nitrifying bacterium diversity in activated sludge: *Nitrosococcus*" *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol 25: 3690-3696.

Ke D., Picard F. J., Martineau F., Menard C., Roy P.

- H., Ouellette M., Bergeron M. G., 1999. "Development of a PCR assay for rapid detection of enterococci". *J. Clin. Microbiol.* Vol 37:3497–3503.
- Kimura K., McCartney A. L., McConnell M. A., Tannock G. W., 1997. "Analysis of fecal populations of bifidobacteria and lactobacilli and investigation of the immunological responses of their human hosts to the predominant strains". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol 63:3394–3398.
- Kreader C. A., 1995. "Design and evaluation of *Bacteroides* DNA probes for the specific detection of human fecal pollution". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 61:1171–1179.
- Layton A., McKay L., Williams D., Garrett V., Gentry R., Sayler G., 2006. "Development of *Bacteroides* 16S rDNA Gene TaqMan-Based Real-Time PCR Assays for Estimation of Total, Human, and Bovine Fecal Pollution in Water", *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 72 n. 6: 4214–4224.
- Resnick I. G., Levin M. A., 1981. "Assessment of bifidobacteria as indicators of human fecal pollution". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol 42:433–438.
- Savichtcheva O., Okabe S., 2006. "Alternative indicators of fecal pollution: Relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. *Water Research*, Vol. 40, Issue 13: 2463–2476.



# IL RISCHIO DI INVASIVITÀ DI SPECIE VEGETALI NON-NATIVE INTRODOTTE NEGLI AGROECOSISTEMI MEDITERRANEI COME COLTURE ENERGETICHE. UN CASO STUDIO IN SARDEGNA.

## POTENTIAL RISK OF NON-NATIVE BIOENERGY CROPS INTRODUCED IN MEDITERRANEAN AGROECOSYSTEMS. A CASE STUDY IN SARDINIA

Qurico Antonio Cossu<sup>1\*</sup>, Giuseppe Brundu<sup>2</sup>, Luigi Ledda<sup>2</sup>, Marcello Mangone<sup>1</sup>, Simona Canu<sup>1</sup>, Michele Mura<sup>1</sup>, Antonio Furesi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, 07100 Sassari.

<sup>2</sup>Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari, 07100 Sassari.

\*qacossu@arpa.sardegna.it

### Abstract

This work examines the case study of a thistle under consideration as a bioenergy crop in Sardinia (Italy). The planned plant should be able to burn 250,000 t/y of biomass and to produce 135 MW<sub>th</sub> in a year. Biomass is expected to be obtained from the thistle crop, *Cynara cardunculus* var. *altilis*, cultivated on 40,000 hectares. *Cynara cardunculus* var. *altilis* is a non-native species in Sardinia and its cultivation raises concerns about its invasiveness and its impact risk on the natural and agricultural ecosystems. Additional issues regarding *Cynara cardunculus* cultivation involve: land availability; its impact on surrounding crops; its integration with local production systems; the feasibility of crop rotation and, finally, the substantial and potentially irreversible change of the natural crop habitat, particularly in areas subject to environmental protection by European and/or National laws. The potential invasiveness is investigated using Pest Risk Analysis and climatic modelling.

### Parole chiave

coltivazioni energetiche, invasività, *Cynara cardunculus*, valutazione rischio

### Keywords

energetic crops, invasiveness, *Cynara cardunculus*, pest risk analysis

### Introduzione

Ai fini del raggiungimento degli obiettivi al 2020, la Direttiva 2009/28/CE “stabilisce un quadro comune per la promozione dell’energia da fonti rinnovabili. Fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e per la quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti” e impone ad ogni Stato membro l’adozione un piano di azione nazionale per le energie rinnovabili. In base ai criteri per gli usi energetici dei prodotti della biomassa, stabiliti dalla Direttiva succitata e dalla Raccomandazione COM(2010)11, “la sostenibilità relativa alla produzione di biomassa riguarda, fra le altre cose, la protezione di ecosistemi caratterizzati da un elevato livello di biodiversità e di stock di carbonio”. In quest’ottica gli stati membri dovrebbero adottare politiche di incentivazione alla produzione di energie rinnovabili da biomassa favorendo l’impiego di biomasse di scarto, valutando sia gli effetti delle coltivazioni che determinano cambi di destinazione d’uso, che i

possibili impatti sulla biodiversità e pianificando le quote di biomassa primaria da dedicare alla produzione energetica, anche al fine di evitare pericolose competizioni tra sistemi di produzione *food* e sistemi *no-food*.

Nel recepimento della Direttiva 2006/28/CE, la normativa italiana consente tuttavia coltivazioni *no-food* dedicate, senza stabilire alcun tipo di limitazione ad esempio nelle quote percentuali di coltura dedicata alla produzione energetica incentivabile per una azienda agricola. Emerge pertanto il problema delle ampie superfici da destinare alle coltivazioni e della necessità di selezionare specie ad elevata produttività e dai bassi input culturali. Questo imporrebbe, a priori, un’analisi ambientale che caratterizzi in maniera dettagliata le aree oggetto degli interventi, eventualmente supportata da una valutazione di *Land Suitability*, che ponga in evidenza gli impatti, sugli agroecosistemi e sugli ecosistemi naturali, e una valutazione, nel caso di specie non-nativa, del rischio di invasività, anche dopo un certo lasso di

tempo, e degli effetti negativi sulla biodiversità, sulla salute dell'uomo, sui servizi ecosistemici (Reg. EU n. 1143/2014) e sulle attività economiche, direttamente con la sua presenza o, indirettamente, come vettore di altri organismi nocivi. Il presente contributo analizza il caso dell'introduzione di *Cynara cardunculus* L. var. *altilis* DC. in Sardegna.

### Materiali e metodi

La presente ricerca prende spunto da uno studio su un progetto autorizzato con procedimento congiunto VIA/AIA (AIA n. 1 del 23 marzo 2014 rilasciata dalla Provincia di Sassari), nel quale l'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna (ARPAS) è stata istituzionalmente coinvolta. Il progetto conteneva un piano di approvvigionamento basato sull'utilizzo di biomassa derivante da filiera agricola corta (Fig. 1), individuando aree ritenute più idonee alla coltivazione di *Cynara cardunculus* var. *altilis*, attraverso uno studio di *Land Suitability* finalizzato alla valutazione della vocazionalità del territorio ad ospitare la coltura tenendo conto delle specifiche esigenze agrometeorologiche e pedologiche della stessa.



Fig. 1 - Bacino di approvvigionamento del cardo (~70 km di raggio dal sito dell'impianto).

Fig. 1 - Thistle supply area (~70 km from proposed plant location).

La *Land Suitability* presentata in progetto ha consentito di identificare nel bacino di approvvigionamento circa 70,000 ettari che, sulla base di una resa teorica di 20-22 t/ha e prescindendo dall'adozione di una rotazione colturale, risultavano più che sufficienti per alimentare la centrale.

Nell'impostazione progettuale la coltivazione del cardo è prevista a basso input, escludendo l'ausilio all'irrigazione e alla difesa fitosanitaria. Tali presupposti reggono l'ipotesi di sostenibilità ambientale del progetto.

### Risultati e Discussione

*Cynara cardunculus* L. var. *altilis* DC. (IT = cardo coltivato, UK = leafy or cultivated cardoon) è sicuramente una varietà derivata da domesticazione su *Cynara cardunculus* L. [*Cynara cardunculus* L. var. *sylvestris* (Lam.) Fiori] nell'area del Mediterraneo occidentale (probabilmente nella penisola Iberica) (Gatto *et al.*, 2013). Come tale, si deve necessariamente considerare una specie non-nativa (alloctona, esotica, aliena) per il territorio dell'Italia e per la Sardegna, per quanto di antica origine.

Come altre specie non-native (es. *Ailanthus altissima*, *Carpobrotus* sp., *Eichhornia crassipes* e *Oxalis pes-caprae*, Lloret *et al.*, 2005, Brunel *et al.*, 2010), anche *Cynara cardunculus* L. var. *altilis* potrebbe rivelarsi invasiva (in effetti, *C. cardunculus* s.l. è già indicata come specie aliena invasiva ad es. in California (Robin *et al.*, 2008) e come “declared pest” in Western Australia (Muyt, 2001, Parsons and Cuthbertson, 2001)), potrebbe cioè determinare, dopo la sua introduzione nel territorio nazionale e regionale, anche dopo un certo lasso di tempo, degli effetti negativi sia diretti che indiretti. A titolo esemplificativo, in campi sperimentali presenti in aree limitrofe al sito dell'impianto è stato possibile osservare attacchi di una certa entità da parte di un curculionide, *Larinus cynarae* F. (Fig. 2), che, come confermato da studi del Dipartimento di Agraria dell'Università di Sassari, possono portare in assenza di trattamenti a perdite particolarmente elevate nella produzione di seme. Infatti, le rese in seme osservate su prove condotte nel quinquennio 2008 -2012 hanno variato fra i 0,06 e 0,51 Mg ha<sup>-1</sup> di sostanza secca, rispettivamente osservati al 5° ad al 2° anno del ciclo poliennale di coltivazione (Spissu, 2015).



Fig. 2 - *Larinus cynarae* alla raccolta del seme di cardo. A destra un adulto.

Fig. 2 - *Larinus cynarae* on harvested thistle seed. on right an adult.

Il problema del rischio di invasività di *Cynara cardunculus* var. *altilis* è affrontato anche in recenti pubblicazioni dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Nello specifico Crosti *et al.* (2010) e Crosti e Forconi (2007) arrivano a concludere che le sue caratteristiche fisiologiche e riproduttive ne fanno una potenziale specie invasiva che potrebbe arrecare danno agli habitat ed alle specie native delle comunità a cardo spontanei, delle praterie a graminacee e piante annue, dei coltivi abbandonati dove processi di ri-naturalizzazione secondaria potrebbero essere rallentati. Il cardo, infatti, è stato domesticato per la grandezza del suo fusto ed ulteriormente selezionato proprio per la produzione di biomassa da genotipi di origine spagnola caratterizzati da rapida crescita, efficienza nell'utilizzo delle risorse idriche e capacità riproduttive. Sopralluoghi e rilievi in Italia in prossimità di aree utilizzate per coltivazioni sperimentali hanno accertato la "fuga da coltivo" da parte del cardo. Conseguentemente esiste il rischio di ibridazione con le diverse popolazioni di specie congeneriche e di competizione per le risorse con le altre specie spontanee soprattutto in habitat disturbati. Il Report "*Invasiveness of biofuel crops and potential harm to natural habitats and native species*" promosso dal Consiglio d'Europa – Convezione di Berna (*Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats*) e presentato nell'ambito della riunione del gruppo di esperti tenutasi a Brijuni, Croatia (5-7 Maggio 2009), individua *Cynara cardunculus* var. *altilis* come specie potenzialmente invasiva, suggerendo che un suo utilizzo come coltura energetica andrebbe rigettato (Crosti, 2010). Tale report è stato approvato sotto forma di Raccomandazione dal Comitato Permanente della Convezione di Berna (*Recommendation No 141*

(2009) of the Standing Committee, adopted on 26 November 2009, on potentially invasive alien plants being used as biofuel crops). Del resto anche la CBD, nella decisione COP 9 Decision IX/2 "IX/2 Agricultural biodiversity: biofuels and biodiversity" ha richiamato l'attenzione sulle necessità di applicare il principio di precauzione di cui alle premesse del testo della Convenzione CBD 1992.

Stesse criticità sono emerse nel Tavolo Tecnico sull'Impatto delle specie aliene sugli ecosistemi promosso dal Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione per la Protezione della Natura nell'ambito del Progetto "Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità: i contributi della conservazione Ecoregionale" (2009), dove sempre in merito a *Cynara cardunculus* si riporta che, seppur il genotipo della specie spontanea sia al momento ben separato, l'espansione e l'incremento delle colture per biomassa favorisce il superamento delle barriere naturali di carattere morfologico, ecologico e geografico permettendo eventi di ibridazione in taxa filogeneticamente affini. Maggiori danni si avrebbero dall'introduzione di genotipi di provenienza spagnola la cui capacità produttiva è nettamente maggiore quindi con una maggiore invasività a danno di altre specie spontanee.

Infine in Crosti *et al.* (2010) la potenziale invasività della specie in Centro Italia è stata accertata utilizzando la metodologia di analisi del rischio denominata *Australian Weed Risk Assessment* (AWRA) opportunamente modificata per il Mediterraneo.

E' da evidenziare comunque che, in termini generali, il qualificarsi come specie non-nativa, non presuppone di per sé alcuna valutazione negativa, ma sottopone questa specie alla normativa di settore specifica e vigente per questa tipologia di piante.

L'adesione dell'Italia alla EU e la ratifica di una serie di convenzioni internazionali determina l'applicazione in Italia di una serie di norme e principi che mirano a ridurre i rischi legati alla introduzione di specie non-native invasive o potenzialmente invasive.

Vige, ad esempio, il divieto di introduzione in aree SIC/ZPS (art. 12 DPR n. 120/2003) e trovano applicazione il principio di precauzione (DLgs 156/2006 e ss.mm.ii.), dell'azione preventiva, di correzione in via prioritaria alla fonte dei danni causati all'ambiente, nonché il concetto di "danno ambientale" di cui alla parte sesta del DLgs 152/06. Più recentemente il quadro normativo ha visto l'introduzione di una norma specifica sulle specie

aliene invasive, ovvero il Regolamento (UE) n. 1143/2014 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014, recante disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive.

Anche il settore fitosanitario regolato a livello internazionale dalla Convenzione internazionale per la protezione delle piante della FAO del 1952 (IPPC) e dall'Accordo sulle misure sanitarie e fitosanitarie (SPS) dell'Organizzazione Mondiale del Commercio, prevede diversi strumenti in relazione alle specie vegetali aliene invasive o potenzialmente invasive.

Nel caso in esame si intende introdurre la specie non-nativa su grandi superfici (fino a 40.000 ha nelle ipotesi di progetto), che alla scala regionale risultano inferiori solo ai seminativi e alle foraggere. In Sardegna nel 2010 risultano infatti coltivati a olivo, vite e ortive rispettivamente circa 36.000 ha, 18.000 ha e 15.000 ha. Fra le ortive coltivate, ben oltre il 75% della superficie è occupata dal carciofo, specie botanicamente affine al *Cynara cardunculus* L. var. *altilis*. In particolare, nell'ambito dell'ipotizzato bacino di approvvigionamento, la superficie destinata a questa coltura risulta nel 2015 pari a ben 7.700 ha (De Menna *et al.*, 2016).

Il calcolo delle superfici da investire si basa su curve produttive puramente teoriche. La bibliografia scientifica del settore evidenzia che la produttività della coltura risulta fortemente variabile sia nel tempo (in quanto direttamente legata al regime termo-pluviometrico e all'età della coltura) che nello spazio (per il forte legame con le caratteristiche del suolo, prediligendo terreni profondi, poveri di calcare, ecc.). Si considera in particolare il Progetto BIOENERGIE conclusosi nel 2011, avente come obiettivo la realizzazione di campi dimostrativi al fine di evidenziare limiti di applicazione e potenzialità di coltivazione del cardo in Sardegna, che a valle di un triennio di sperimentazioni di campo ha consentito di stimare rese medie della coltura pari a circa 10 t/ha/anno di biomassa totale (Ledda *et al.*, 2013). Questo dato, unitamente alla necessità di adottare piani di avvicendamento colturale, alle minori rese produttive derivanti dalla variabilità pedologica e microclimatica nell'ambito del bacino di approvvigionamento e, soprattutto, alla assenza di difesa fitosanitaria, porta a ipotizzare che per soddisfare le esigenze in biomassa dell'impianto in progetto le reali superfici da investire a *Cynara*

*cardunculus* L. var. *altilis* siano di gran lunga più ampie di quelle dichiarate.

In conformità a questi aspetti, in relazione alla normativa citata ed al principio di prevenzione e precauzione, si intende procedere con una analisi di valutazione del rischio con metodologia standard, coerente sia con il quadro della Convenzione Internazionale per la Protezione dei Vegetali (IPPC) e con il Reg. Eu n. 1143/2014, ovvero sostanzialmente utilizzando un *Express Pest Risk Analysis*, EPPO Standard PM 5/5(1) *Decision-Support Scheme for an Express Pest Risk Analysis*, con opportune modifiche (cfr ENV.B.2/ETU/2013/0026) con il supporto di una modellizzazione, anche con l'ausilio delle tecnologie GIS, delle aree potenzialmente invasibili a scala regionale (Ragaglini *et al.*, 2011).

### Conclusioni

La redazione del documento di PRA prevede necessariamente la redazione di una apposita sezione dedicata alle "misure fitosanitarie" cioè alle misure da mettere in atto per la prevenzione e mitigazione del rischio, alcune delle quali sono suggerite nel documento redatto da IUCN (2009). Tra le misure possibili si citano:

- monitorare l'introduzione su porzioni limitate per verificare i cambiamenti indotti dalle colture e quindi arrivare a valutare con maggior certezza gli impatti nel breve periodo medio e lungo periodo (minimo tre anni) ed effettuare simulazioni sulla base dei possibili scenari che tengano conto anche delle variabili esterne al sistema;
- realizzare fasce tampone intorno alle aree di coltivo eventualmente da destinare alla coltivazione con altre specie locali al fine di limitarne l'invasività ed il rischio di inquinamento genetico con formazione di ibridi;
- limitare la dispersione dei semi (cipsele) persi durante la raccolta, lo stoccaggio e trasporto;
- limitare la connessione tra luoghi di produzione e luoghi di possibile germinazione e attecchimento nuove piante come terreni abbandonati o corridoi ecologici come i fiumi;
- Realizzazione di un Piano di Contingenza (a corredo del PRA) atto ad identificare attori locali e regionali capaci di rapida eradicazione e controllo dell'invasività.

### Bibliografia

Brunel S., Schrader G., Brundu G., Fried G., 2010. Emerging invasive alien plants for the

Mediterranean Basin. EPPO Bulletin / Bulletin OEPP 40: 219-238.

Crosti R., Forconi V., 2007. Espansione delle colture da biomassa sul territorio italiano: incognite legate all'introduzione di specie aliene potenzialmente invasive. In Colture a scopo energetico ed ambiente Atti Convegno APAT 2007.

Crosti R., 2010. Invasiveness of biofuel crops and potential harm to natural habitats and native species. Report 30th meeting on "Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats" Strasburgo, 2010.

Crosti R., Cascone C., Cipollaro S., 2010. Use of a weed risk assessment for the Mediterranean region of Central Italy. Biol. Invasions 12:1607–1616.

De Menna F., Malagnino R.A., Vittuari M., Molari G., Seddaiu G., Deligios P.A., Solinas S., Ledda L., 2016. Potential Biogas Production from Artichoke Byproducts in Sardinia, Italy. Energies (2016), 9, 92; doi:10.3390/en9020092

EU - Joint Reserch Group, 2006. Expert Consultation on Sustainable Bioenergy cropping systems for the Mediterranean. <http://iet.jrc.ec.europa.eu/remea/node/110>.

Gatto A., De Paola D., Bagnoli F., Vendramin G., Sonnante G., 2013. Population structure of *Cynara cardunculus* complex and the origin of the conspecific crops artichoke and cardoon. Annals of Botany 112 (5): 855-865.

IUCN 2009. Guidelines on Biofuels and Invasive Species. Gland, Switzerland: IUCN. 20pp.

Ledda L., Deligios P., Farci R., Sulas L., 2013. Biomass supply for energetic purposes from some Cardueae species grown in Mediterranean farming systems. Industrial Crops and Products 47: 218-226.

Lloret, F., Médail, F., Brundu, G., Camarda, I., Moragues, E., Rita, J., Lambdon, P. & Hulme, P.E., 2005. Species attributes and invasion success by alien plants on Mediterranean islands. Journal of Ecology 93(3): 512-520.

Muyt, A., 2001. Bush invaders of South-East Australia: a guide to the identification and control of environmental weeds found in South-East

Australia. R.G. and F.J. Richardson: Meredith, Victoria, Australia, pages 102–103.

Parsons W. and Cuthbertson E., 2001. Noxious Weeds of Australia, pages 213–215.

Ragaglini G., Villani R., Silvestri N., Bonari E., 2011. Il contributo delle colture dedicate al settore delle agroenergie in Toscana: sviluppo di un modello previsionale su base GIS. L'Italia Forestale e Montana, 66 (4): 267-282. doi: 10.4129/ifm.2011.4.02.

Robin G. Marushia & Jodie S. Holt, 2008. Reproductive strategy of an invasive thistle: effects of adults on seedling survival. Biol. Invasions 10:913–924.

Spissu E., 2015. A Mediterranean cropping system for bioenergetics purposes: *Cynara cardunculus* var. *altilis*. Università degli Studi di Sassari, Scuola di Dottorato di Ricerca in Scienze e Biotecnologie dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari, indirizzo "Produttività delle piante coltivate". Tesi di dottorato, pagg. 89.



# PREVISIONE IN TEMPO REALE DELLA PRESENZA DI *SCAPHOIDEUS TITANUS* BALL IN PIEMONTE *REAL TIME FORECAST OF THE PRESENCE OF SCAPHOIDEUS TITANUS BALL IN PIEDMONT*

Simone Falzoi<sup>\*</sup>, Federico Lessio<sup>2</sup>, Federico Spanna<sup>1</sup>, Alberto Alma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Regione Piemonte - Settore Fitosanitario - Sezione Agrometeorologia, via Livorno 60, 10144, Torino (TO)

<sup>2</sup> DISAFA - Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino, Largo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO)

[\\*simone.falzoi@gmail.com](mailto:simone.falzoi@gmail.com)

## Abstract

Temperature is a driving factor in phenological modelling of insects. This work proposes (i) an empirical methodology for modelling the different life stages of *Scaphoideus titanus* Ball, the main vector of grapevine Flavescence dorée, and (ii) a real time prediction service of its phenology in North-Western Italy.

The embryonic and post-embryonic development of *S. titanus* was studied under laboratory conditions, at constant temperatures ( $T = 15, 18, 20, 22, 24, 27$ , and  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). The data obtained were fitted to the equation of Brière, and the model was validated against independent field data. Validation was satisfactory, particularly concerning third instar nymphs, which are one of the key life instars to be targeted in Integrated Pest Management (IPM) strategies.

This procedure is therefore a potential tool which can be successfully applied to different geographical situations in temperate climates in order to predict the development of *S. titanus*.

## Parole chiave

Vite; insetto vettore; temperatura; equazione di Brière; modello fenologico

## Keywords

Grapevine; insect vector; temperature; Brière's equation; phenological model

## Introduzione

La conoscenza delle relazioni esistenti tra la dinamica dei fattori climatici ed il comportamento biologico e fenologico degli organismi costituenti il complesso biotico agrario costituisce un elemento di grande importanza per il miglioramento e la razionalizzazione della gestione delle colture. Negli ultimi anni per il settore agricolo è aumentata l'esigenza di quantificare le relazioni tra le condizioni climatiche e la fisiologia degli organismi d'interesse agrario. La resa delle colture dipende da molti fattori climatici ed ecologici sui quali è spesso possibile intervenire con successo se noti in anticipo (Arnold e De Wit, 1976). Tutto ciò è in accordo con quanto previsto dalla direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei fitofarmaci e dal conseguente Piano di Azione Nazionale (PAN), che impone una qualificazione del sistema agricolo nazionale. La modellistica agro-meteorologica rappresenta quindi un efficace strumento per sfruttare la conoscenza delle relazioni tra il clima e la biologia degli insetti dannosi. In quest'ottica nel 2009 è nato progetto ENTOMODEL, una collaborazione di durata triennale tra il settore Fitosanitario della Regione Piemonte e il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino. Uno

degli scopi del progetto era lo studio dello sviluppo embrionale e post-embrionale di *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae), con successiva applicazione alla difesa fitosanitaria (Falzoi *et al.*, 2014).

*S. titanus* è un vettore riconosciuto di fitoplasmi del gruppo 16SrV, sottogruppi C e D, agenti della Flavescenza dorata, una grave malattia della vite soggetta a lotta obbligatoria in molti Paesi europei (Chuche and Thiéry, 2014). Di origine nordamericana, in Italia è stato segnalato per la prima volta in Liguria nel 1963 e attualmente è diffuso in gran parte dell'Europa e in quasi tutta la Penisola italiana (Alma *et al.*, 2016). Svolge il suo ciclo esclusivamente sulla vite, sia europea sia americana: sverna come uovo deposto nel ritidoma di due o più anni di età. La schiusa inizia di norma a metà maggio e lo sviluppo post-embrionale include cinque stadi giovanili (N1-N5); gli adulti compaiono all'inizio di luglio, raggiungono il picco tra la fine di luglio e l'inizio di agosto e sono presenti fino alla fine di ottobre-inizio di novembre, in funzione dell'andamento stagionale (Chuche *et al.*, 2015; Alma *et al.*, 2016).

La temperatura è probabilmente il più importante fattore condizionante il ciclo vitale degli organismi



pecilotermi, inclusi gli insetti. Diverse metodologie sono state applicate per predire la relazione tra temperatura e tasso di sviluppo. Dal momento che tale relazione non segue un andamento lineare, i modelli basati sull'accumulo di gradi giorno risultano spesso inadeguati (Roy *et al.*, 2002). Occorre quindi orientarsi su modelli più complessi, non-lineari, in accordo con Logan *et al.* (1976) e Brière *et al.* (1999). Sulla base di tale premessa e data l'importanza che il settore vitivinicolo ricopre nella Regione Piemonte, lo studio in oggetto è stato focalizzato a (i) studiare, in condizioni di laboratorio, lo sviluppo embrionale e post-embrionale di *S. titanus* e (ii) realizzare un servizio di previsione in tempo reale della sua comparsa in zone viticole nelle province di Cuneo (CN), Asti (AT) e Alessandria (AL).

### Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto in zone vitivinicole delle Langhe, del Roero e del Monferrato. L'area, rappresentata geograficamente nella figura 1, è situata nella parte meridionale del Piemonte, si sviluppa attorno al fiume Tanaro ed è contraddistinta da rilievi collinari con gradiente altitudinale compreso tra 150 e 600 m s.l.m. Tale conformazione topografica, unita ad una marcata profondità delle valli, influenza fortemente il clima che mostra un'ampia variazione dei valori di temperatura e di precipitazioni su brevi distanze. Il clima è caldo temperato, con una temperatura media annua di 12,9 °C; luglio è il mese più caldo (23,2 °C), gennaio il più freddo (2,4 °C); la precipitazione media annua è pari a 912,6 millimetri, con picchi massimi in primavera e in autunno.

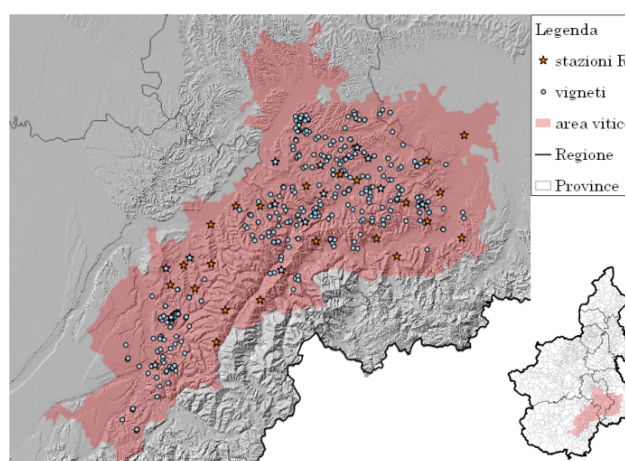


Fig.1 - Rappresentazione geografica dell'area di studio.

Fig.1- Geographic representation of the study area.

**Fase (i)** - Al fine di ottenere uova vitali di *S. titanus*, durante l'inverno sono stati raccolti tralci di vite di 2 o più anni in vigneti con elevate popolazioni dell'insetto vettore. I campionamenti in campo sono stati condotti nel comune di Dogliani (CN) (44.539529 °N, 7.949967 °E), nel periodo 2009-2011. Il materiale è stato conservato in cella frigorifera con temperatura di 5 °C e umidità relativa (UR) al 65%.

Il tasso di sviluppo embrionale e post-embrionale di *S. titanus* è stato studiato in laboratorio all'interno di celle climatiche a temperatura costante (15, 18, 20, 22, 24, 27, e 29 °C) registrata ogni 15 minuti mediante HOBO® data loggers (Onset Computer Corporation, Pocasset, MA). Lo sviluppo embrionale è stato studiato utilizzando grosse gabbie di rete escludi-insetto con all'interno circa 3,5 kg di tralci e piante di vite in vaso, per permettere agli insetti di nutrirsi. La presenza delle uova è stata verificata mediante rimozione del ritidoma e osservazione allo stereomicroscopio di un sotto-campione costituito da 20 spezzoni di tralci per ogni località di raccolta. Per lo sviluppo post-embrionale sono state utilizzate gabbie più piccole, contenenti una pianta di vite in vaso, allestendo una gabbia per ogni stadio di sviluppo dell'insetto. In ogni gabbia sono state poste coorti costituite da almeno 25 esemplari per ogni stadio di *S. titanus*. Le gabbie sono state controllate quotidianamente per conteggiare il numero di individui sgusciati (sviluppo embrionale) o che avessero compiuto la muta (post-embrionale). A ogni muta, gli esemplari sono stati rimossi e spostati nell'allevamento corrispondente all'età successiva per evitare errori di conteggio.

L'equazione non-lineare di Brière *et al.*, (1999) è stata utilizzata per approssimare i dati sperimentali e modellizzare il tasso di sviluppo di *S. titanus* (espresso come unità di Brière: *u.Br*) in funzione della temperatura :

$$RD(T) = n T (T - T_0) (T_L - T)^{1/m} \quad (1)$$

dove  $RD(T)$  è il tasso di sviluppo, espresso come reciproco del numero di giorni intercorsi tra le fasi, in funzione della temperatura  $T$ ;  $T_L$  e  $T_0$  sono le temperature cardinali superiore (letale) ed inferiore (di sviluppo);  $n$  e  $m$  sono costanti empiriche.

La corrispondenza tra valori osservati e stimati è stata valutata calcolando gli indici di errore medio assoluto (MAE), la radice dell'errore quadratico medio (RMSE), l'indice di efficienza (EF) e il coefficiente di massa residua (CRM).

Una volta ottenuti i parametri empirici, il modello è stato calibrato e validato con due insiemi di dati di

campo indipendenti. A tale scopo, sono stati utilizzati dati provenienti da campionamenti dell'insetto effettuati settimanalmente a partire dalla metà di maggio, dal 2006 al 2014, in 130 vigneti situati nell'area rappresentata in figura 1. I campionamenti sono stati realizzati in parte dagli Autori nell'ambito di altri progetti di ricerca, e in parte dal Settore Fitosanitario Sezione di Virologia Vegetale della Regione Piemonte a scopi di vigilanza fitosanitaria. In entrambi i casi, è stato utilizzato un metodo di campionamento sequenziale standardizzato (Lessio and Alma, 2006). Per ogni anno e stazione meteorologica, è stato registrato il giorno dell'anno (*day of year*, DOY) della prima comparsa di ogni stadio del ciclo vitale di *S. titanus*.

*Fase (ii)* - I dati delle temperature giornaliere sono stati ottenuti da una selezione di 36 stazioni della rete meteorologica della Regione Piemonte – RAM (Fig. 1). Temperatura minima ( $T_n$ ), massima ( $T_x$ ) e media ( $T_m$ ) [°C] sono state le variabili considerate. Al fine di ottenere valori giornalieri di temperatura ( $T_n$ ,  $T_x$  e  $T_m$ ) per ciascuno dei vigneti ricadenti nell'area di studio (in totale 294) è stato applicato un procedimento di interpolazione spaziale con una regressione lineare multivariata (*backward*), in accordo con Ninyerola *et al.*, (2000). Tale procedura è stata applicata utilizzando i seguenti fattori geografici: quota (Q, [m]), pendenza (P, [gradi]), esposizione categorizzata (EC), distanza dal fondovalle (DV, [m]), latitudine (LA) e longitudine (LO).

$$T = k + a Q + b P + c EC + d DV + e LA + f LO$$

dove T è il valore di temperatura incognita, mentre  $k$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  ed  $f$  sono i parametri giornalieri ottenuti mediante regressione lineare multivariata.

Tutti i parametri sono stati estratti dal Digital Elevation Model (DEM) con risoluzione di 10 metri, realizzato dal Settore Cartografico della Regione Piemonte.

Per verificare la validità di questa metodologia è stato applicato il test di Fisher ed effettuata un'analisi dei residui (test di Student, di Shapiro-Wilk, di Breusch-Pagan e di Durbin-Watson).

Una volta ottenuti i valori termici orari (stimati dai dati giornalieri), e utilizzando i parametri empirici trovati nella precedente fase (i), è stata applicata l'equazione non-lineare di Brière al fine di determinare la comparsa e il tasso di sviluppo di *S. titanus* in tutti i vigneti non oggetto di campionamento diretto. Il modello, per la previsione di schiusa delle uova, inizia ad accumulare *u.Br* dal primo gennaio

dell'anno in corso; per lo sviluppo post-embrionale il conteggio inizia dalla data della comparsa dello stadio precedente ( $N_{x-1}$ ) che viene stabilita dall'osservazione in campo o determinata dal modello stesso. La fase successiva inizia al raggiungimento di un valore-soglia di *u.Br* determinato minimizzando l'RMSE tra valori osservati e predetti.

L'intero processo è stato sviluppato utilizzando il software gratuito R-3.2.3 (<http://www.r-project.org/>).

## Risultati e Discussione

*Fase (i)* - Uova di *S. titanus* sono state rilevate in tutti i sub-campioni ispezionati, stimando la presenza di circa 330 uova per chilogrammo di tralci.

Il numero di giorni intercorsi tra il trasferimento nelle celle climatiche e l'inizio della schiusa è variato in funzione della temperatura: a  $T = 24$  °C sono stati necessari 24 giorni, a  $T = 20$  e  $22$  °C circa 42-47 giorni, rispettivamente. A  $T = 15$  °C non sono stati osservati individui.

Il tasso di sviluppo è stato calcolato per tutti gli stadi di *S. titanus*. A parità di temperatura, il tempo impiegato per la muta è risultato maggiore negli stadi più avanzati rispetto ai primi. Ad esempio, a  $T = 24$  °C sono stati sufficienti 5 giorni per la muta da N1 a N2, mentre per le mute N4-N5 e N5-adulto sono stati necessari rispettivamente 7 e 8 giorni. Le mortalità più elevate sono state registrate alle temperature limite di 15 e 29 °C e i primi stadi hanno risentito maggiormente di questi valori estremi. A partire da  $T = 18$  °C il tasso di sopravvivenza è aumentato e la mortalità è risultata minima a 24 °C. Il periodo di sviluppo complessivamente è risultato compreso tra 21 giorni a 29 °C e 52,8 giorni a 18 °C.

Da un punto di vista biologico, una diversa lunghezza del periodo della schiusa può essere considerata un adattamento dell'insetto alla fenologia della vite, in quanto le ninfe devono trovare un adeguato numero di foglie sufficientemente sviluppate per alimentarsi (Chuche *et al.*, 2015). Da un punto di vista di gestione fitosanitaria, un ritardo può portare alla presenza di stadi mobili dell'insetto (giovani e adulti) anche in tarda stagione, quando i trattamenti insetticidi non possono essere effettuati per evitare la presenza di residui nell'uva.

Le curve dell'equazione non-lineare di Brière sono state ottenute per tutti gli stadi di sviluppo di *S. titanus*. I tassi di sviluppo mostrano un rapido aumento fino a 24 °C.

I valori di temperatura ottimale ( $T_{OPT}$ ) dello sviluppo post-embrionale sono stati compresi tra 28,5 e 31,8 °C. La temperatura cardinale inferiore ( $T_0$ ) è risultata compresa tra 12,4 °C (N4) e 14,5 °C (N2). Per quanto

riguarda le uova, il valore di  $T_0=18\text{ °C}$  è stato ottenuto sperimentalmente, mentre il valore di  $T_L=30\text{ °C}$  è stato ottenuto tramite interpolazione. La temperatura ottimale è risultata essere  $25,7\text{ °C}$ .

Gli indici di errore che determinano la bontà del modello confermano l'affidabilità della metodologia utilizzata ( $R^2>0,90$  e  $P<0,01$ ). I valori dell'indice RMSE, compresi tra 6,8 (per N2) e 12,3 (per N1), indicano un errore percentuale sempre inferiore al 13%. L'indice EF, compreso tra 0,87 e 0,96, indica una buona capacità previsionale del modello rispetto alla media campionaria, mentre il MAE è vicino al valore ottimale 0. Infine, il CRM, sempre positivo e vicino all'optimum 0, indica una buona stima del modello rispetto al valore medio.

*Fase (ii)* – La statistica della regressione lineare multivariata (*backward*) applicata nella procedura di interpolazione spaziale per la stima dei dati giornalieri di  $T_n$ ,  $T_x$  e  $T_m$  nei vigneti in esame è risultata accettabile. Nel 96% dei casi il test di Fisher ha restituito un valore inferiore al valore soglia di 0,05. Per quanto riguarda l'analisi dei residui, la media campionaria è sempre stata significativamente simile alla media della popolazione (test di Student); gli errori hanno presentato una distribuzione normale e sono risultati accettabili tra l'86 e il 91% dei casi a seconda della temperatura stimata (test di Shapiro-Wilk); nell'88% dei casi la varianza degli errori è risultata costante (omoschedasticità, test di Breusch-Pagan); nel 98% dei casi gli errori non sono risultati correlati (Durbin-Watson).

Il modello applicato in condizioni variabili di campo è risultato nel complesso valido. La regressione lineare tra i valori osservati (*DOY observed*) e stimati (*DOY predicted*) mostrati in figura 2, indica una buona prestazione del modello proposto ( $R^2=0,83$  e  $P<0,01$ ). Gli indici di errore  $MAE=4,71$  e  $RMSE=3,56$  sono stati vicini al valore ottimale 0, indicando un errore di 4-6 giorni tra il dato osservato in campo e quello predetto dal modello. L'indice EF positivo (0,82), indica un'ottima efficienza predittiva da parte del modello. I valori dell'indice CRM, prossimi all'ottimo 0, sono risultati positivi indicando una leggera tendenza del modello a sottostimare le date di comparsa di *S. titanus*.

La dinamicità della procedura permette di migliorare la calibrazione di anno in anno e quindi la previsione del dato grazie all'inserimento delle nuove osservazioni effettuate in campo.

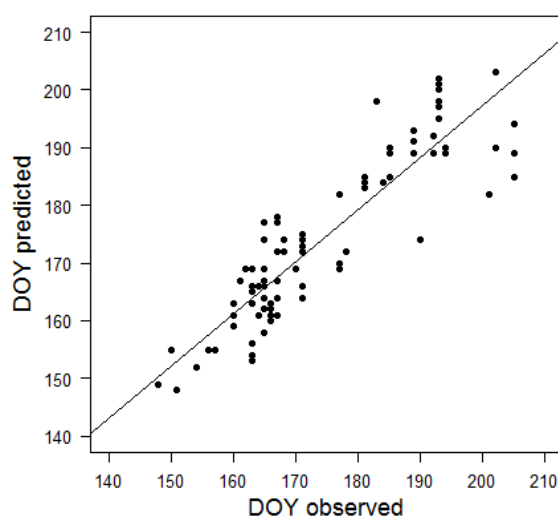


Fig.2 – Regressione lineare tra valori osservati e predetti, espressi in giorni dell'anno (DOY) della comparsa di *S. titanus*.

Fig.2 - Linear regression between the observed and predicted days of year (DOY) of appearance of *S. titanus* life stages.

## Conclusioni

Lo sviluppo embrionale e post-embrionale di *S. titanus* è fortemente legato alla temperatura e i dati ottenuti in laboratorio rappresentano un ottimo strumento per prevedere la comparsa dei diversi stadi di questa specie in natura.

La parametrizzazione dell'equazione non-lineare di Brière, effettuata utilizzando i dati ottenuti in condizioni controllate, e la sua successiva validazione con le osservazioni di campo hanno permesso di modellizzare l'intero sviluppo dell'insetto nelle condizioni climatiche dell'Italia nord-occidentale. Tali parametri, insieme al fabbisogno termico necessario per determinare la fine del periodo di dormienza (Chuche e Thiéry, 2009), potranno essere utilizzati inoltre per determinare la potenziale distribuzione geografica di *S. titanus*.

L'applicazione del modello descritto alle condizioni ambientali consente di individuare il momento ottimale (ovvero la massima frequenza delle mute N2-N3 e N5- adulti nel corso della stagione) al fine di massimizzare l'efficacia dei trattamenti insetticidi. Tale aspetto è di fondamentale importanza a seguito delle nuove direttive comunitarie (Piano di Azione Nazionale - PAN). A titolo esemplificativo, in caso di trattamento insetticida contro lo stadio N3, l'efficacia sarà maggiore se il trattamento stesso sarà effettuato durante il picco di presenza (cioè, quando la frequenza cumulata di N3 è pari al 50%). In tal modo è possibile

indirizzare l'azione dell'insetticida sul maggior numero possibile d'insetti bersaglio.

I modelli previsionali giocano quindi un ruolo chiave nella gestione delle specie dannose in campo agricolo, in quanto consentono di migliorare la tempistica dell'applicazione dei fitofarmaci in funzione delle condizioni meteorologiche, con notevole risparmio di risorse e riduzione dell'impatto ambientale. La previsione della dinamica stagionale di *S. titanus* risulta quindi di notevole rilevanza nella lotta alla Flavescenza dorata, e in tal senso il modello fenologico proposto potrà diventare uno strumento utile per orientare le strategie di gestione di questo insetto da parte degli operatori del settore.

Progetto finanziato nell'ambito della Ricerca e Sperimentazione della Regione Piemonte.

### Bibliografia

- Alma A., Lessio F., Gonella E., Picciau L., 2016. Attuali conoscenze su *Scaphoideus titanus*. Vitenda 21: 66-75.
- Arnold G.W., De Wit C.T., 1976. Critical evaluation of system analysis in ecosystems research and management. Publishing and Documentation Simulation Monographs, Centre for Agricultural, Netherlands, pp. 108.
- Brière J.F., Pracros P., Le Roux A.I., Pierre J.S., 1999. A novel rate model of temperature-dependent development for arthropods. Environ. Entomol. 28: 22-29.
- Chuche J., Thiéry D., 2009. Cold winter temperatures condition the egg-hatching dynamics of a grape disease vector. Naturwiss. 96: 827-834.
- Chuche J., Thiéry D., 2014. Biology and ecology of the Flavescence dorée vector *Scaphoideus titanus*: a review. Agron. Sust. Develop. 34: 381-403.
- Chuche J., Desvignes E., Bonnard O., Thiéry D., 2015. Phenological synchrony between *Scaphoideus titanus* (Hemiptera: Cicadellidae) hatchings and grapevine bud break: could this explain the insect's expansion? Bull. Ent. Res. 105: 82-91.
- Falzo S., Lessio F., Spanna F., Alma A., 2014. Influence of temperature on the embryonic and post-embryonic development of *Scaphoideus titanus* (Hemiptera: Cicadellidae), vector of grapevine Flavescence dorée. Int. J. Pest Manag. 60: 246-257.
- Lessio F., Alma A., 2006. Spatial distribution of nymphs of *Scaphoideus titanus* (Homoptera: Cicadellidae) in grapes, and evaluation of

sequential sampling plans. J. econ. Entomol. 99: 578-582.

- Logan J.A., Wollkind D.J., Hoyt S.C., Tanigoshi L.K., 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in Arthropods. Environ. Entomol., 5: 1133-1140.
- Ninyerola M., Pons X., Roure J.M., 2000. A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. Int. J. Climatol. 20: 1823-1841.
- Roy M., Brodeur J., Cloutier J., 2002. Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). Environ. Entomol. 31: 177-187.

# DIREZIONE PREVALENTE DEL VENTO E DIFESA INTEGRATA DELLE COLTURE CON LA CONFUSIONE SESSUALE

## PREVAILING WIND DIRECTION AND INTEGRATED CROP PROTECTION WITH MATING DISRUPTION

Giovanni Lacertosa<sup>1\*</sup>, Emanuele Scalcione<sup>2</sup>, Pietro Dichio<sup>2</sup>, Arturo Caponero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ALSIA - Centro Ricerche Metapontum Agrobios, SS 106 Km 448.2, 75010 Metaponto (MT)

<sup>2</sup> ALSIA, Agenzia Lucana di Sviluppo ed Innovazione in Agricoltura Viale C. Levi, 6, 75100 Matera

\*[giovanni.lacertosa@alsia.it](mailto:giovanni.lacertosa@alsia.it)

### Abstract

A recent innovation in mating disruption is based on aerosol pheromone cans that allows to release the substance in doses and scheduled time, with a drastic reduction of density of the dispensers (2-3/ha). The low number of providers, however, increases wind interference. To optimize the placement of dispensers, prevailing wind direction was studied in three agro meteorological stations, one of which installed, for the occasion, in a peach cultivation mating disruption area.

Results indicated that wind climatic data, obtained by two stations representative of Metaponto plain, were not able to optimize providers placement in a peach cultivation mating disruption area, indicating the importance of micro climatic aspect in the application of new modern instruments of pest control.

### Parole chiave

Direzione del vento, Parametri meteorologici, Feromoni, Confusione sessuale

### Keywords

Wind direction, Meteorological factors, Pheromones, Mating disruption

### Introduzione

L'uso dei feromoni è sempre più diffuso, non solo per il monitoraggio ma anche per tecniche di controllo diretto di insetti dannosi (Molinari e Schiaparelli, 2016). Tra queste, la "confusione sessuale" si basa sul rilascio in campo di quantità relativamente elevate di feromoni che coprono le tracce odorose delle femmine, impedendo ai maschi di localizzarle.

I classici sistemi di confusione sessuale prevedono l'installazione in campo di un elevato numero di erogatori (da qualche migliaia a qualche centinaia per ettaro) che rilasciano continuamente il feromone nell'ambiente.

Una recente innovazione della tecnica è basata sulla formulazione del feromone in bombolette per aerosol inserite in un dispositivo elettronico temporizzato che consente di rilasciare la sostanza in dosi e momenti prestabiliti, con una serie di vantaggi, tra cui la drastica riduzione di densità degli erogatori (2-3/ha) e la possibilità di applicazione su vasti comprensori, anche non omogeneamente coltivati (Angeli *et al.*, 2012).

Il basso numero di erogatori, però, aumenta le interferenze del vento sul perimetro dei campi confusi che possono perdere la protezione della "nube feromonica" spostata dal vento. E' importante, perciò, conoscere bene le caratteristiche microclimatiche

dell'area in cui si intende applicare il metodo e in particolare la direzione prevalente del vento nel periodo della giornata di attività degli insetti adulti.

Scopo dello studio è stato verificare la possibilità di utilizzare dati climatici storici di stazioni rappresentative di un'area del Metapontino (Basilicata) in cui applicare la confusione sessuale, per l'ottimale posizionamento dei diffusori spray di feromoni.

### Materiali e Metodi

In località III Madonna del Comune di Scanzano Jonico, nel Metapontino (MT), è stata individuata un'area di circa 150 ettari prevalentemente coltivati a pesco nella quale è stato applicato il metodo della confusione sessuale per il controllo della cidia molesta (*Grapholita molesta*), mediante erogatori spray (CheckMate Puffer OFM di Suterra), disposti con una densità di circa 2,5 erogatori/ha.

Per ottimizzare il posizionamento degli erogatori, sono stati analizzati i dati orari del vento (direzione e velocità), a 5 m dal suolo, nel periodo di maggiore attività dei maschi di *G. molesta* (fascia oraria 17.00-5.00, da marzo a settembre), di due stazioni rappresentative della pianura metapontina (Policoro e Metaponto), posizionate ai lati dell'area confusa,



parallelamente alla linea di costa. Nel 2015, inoltre, a Scanzano, è stata installata una stazione mobile nell'area in confusione sessuale, per rilevare le condizioni prevalenti di ventosità da confrontare con i dati climatici delle due stazioni di riferimento. Per le stazioni di Policoro e Metaponto, sono stati elaborati i dati degli anni dal 2008 al 2015, mentre per Scanzano i dati del 2015.

Le caratteristiche geografiche dei siti sono riportati in tabella 1.

Tab.1 – Caratteristiche geografiche delle stazioni

Tab.1 - Geographical characteristics of the stations

Stazione	Policoro	Metaponto	Scanzano
Marca	Siap+Micros	Campbell sc.	Siap+Micros
Latitudine (gradi)	40,18333	40,38996	40,23743
Longitudine (gradi)	16,68805	16,78632	16,71673
Altitudine m slm	6	15	7
Distanza dal mare (km)	1,9	5,5	2,4

## Risultati e Discussione

Come riportato in figura 1, nel periodo di maggiore attività dei maschi di *G. molesta* (da marzo a settembre, dalle ore 17.00 alle ore 5.00), il dato climatico (2008-2014) indica una direzione prevalente del vento del quadrante da Nord a Est (il 51,4% per la stazione di Metaponto e il 54,4% per quella di Policoro). Sulla base di questi dati, gli erogatori di feromoni al bordo dell'area da confondere, sono stati posizionati con una maggiore densità sul bordo da Nord ad Est, in modo tale che la nube feromonica fosse sufficientemente presente nell'area sottovento.

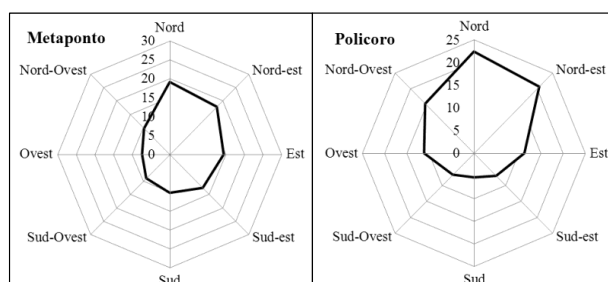


Fig.1 - Direzione prevalente del vento (dato medio climatico 2008-2015, da marzo a settembre, dalle ore 17.00 alle ore 5.00)

Fig.1- Prevailing wind direction (climatic mean data 2008-2015, from March to September, from 17.00 to 5.00 daily)

I dati di ventosità registrati nel 2015 sulle tre stazioni a confronto sono riportati in figura 2. La stazione di Metaponto ha mostrato una variabilità maggiore rispetto ai dati climatici del periodo di riferimento, con la direzione del vento variabile tra il quadrante Nord e quello Sud. Policoro ha sostanzialmente confermato i dati climatici, con una netta prevalenza di venti dal Nord (37,5%). La stazione mobile di Scanzano, posizionata nel 2015 nell'area su cui si è operata la confusione sessuale, non ha confermato la prevista direzione prevalente dei venti da Nord ad Est interpolando i dati climatici delle due stazioni rappresentative della pianura metapontina. Infatti, è stata registrata una netta prevalenza del vento proveniente da Ovest (51,5%), mentre la somma delle percentuali dei venti del quadrante da Nord a Est è stata del 10,5%.

Ciò ha determinato un non ottimale posizionamento degli erogatori che potrebbero non aver "protetto" sufficientemente l'area sul versante Ovest, che è risultata l'area più "sottovento" e quindi quella su cui infittire gli erogatori di bordo.

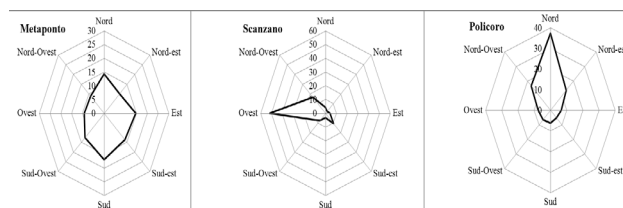


Fig.2 - Direzione prevalente del vento nel 2015 (da marzo a settembre, dalle ore 17.00 alle ore 5.00)

Fig.2 - Prevailing wind direction in 2015 (from March to September, from 17.00 to 5.00 daily)

## Conclusioni

L'uso di erogatori spray di feromoni, grazie alla drastica riduzione del numero di punti di diffusione per ettaro, offre diversi vantaggi per l'applicazione della confusione sessuale, consentendo l'uso della tecnica anche in comprensori non omogeneamente coltivati.

Gli spray, tuttavia, risentono maggiormente dell'influenza del vento, rispetto ai sistemi tradizionali, con un alto numero di erogatori per unità di superficie. In particolare la conoscenza della direzione prevalente del vento è fondamentale per il corretto posizionamento dei diffusori, al fine di mantenere una sufficiente concentrazione di feromone nell'area che si intende proteggere.

La conoscenza climatica dell'area è quindi fondamentale e, come dimostrato dai risultati di questo lavoro, non sempre la copertura di reti meteo esistenti è sufficiente alle nuove esigenze dei metodi innovativi di controllo dei fitofagi a basso impatto

ambientale (confusione sessuale, modelli previsionali, ecc.).

### **Bibliografia**

Angeli G., Rizzi C., Baldessari M., Thomann M., Botzner B., Panizza C., Zaffoni M., 2012. Il sistema di confusione sessuale “PUFFER CM” per la difesa della carpocapsa del melo. Atti Giornate Fitopatologiche «Uso di attrattivi nella difesa dagli insetti», I: 343-349.

Molinari F., Schiaparelli A., 2016. Feromoni: dal monitoraggio alla confusione sessuale. L’Informatore Agrario, 16: 36-42.

# VALIDAZIONE DI MODELLI PER DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA (LECONTE) PER L'INTEGRAZIONE IN SISTEMI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI

## DIABROTICA VIRGIFERA (LECONTE) MODELS VALIDATION FOR THE INTEGRATION IN A DECISION SUPPORT SYSTEM

Susanna Marchi<sup>1\*</sup>, Diego Guidotti<sup>2</sup>, Massimo Ricciolini<sup>3</sup>, Ruggero Petacchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Life Science Institute - Scuola Superiore Sant'Anna, viale Rinaldo Piaggio 34, 56025, Pontedera (PI)

<sup>2</sup> AEDIT srl – viale Rinaldo Piaggio 32, 56025, Pontedera (PI)

<sup>3</sup> Servizio Fitosanitario - Regione Toscana, via Pietrapiana 30, 50121, Firenze

\*[susanna.marchi@sssup.it](mailto:susanna.marchi@sssup.it)

### Abstract

New invasive pest species are difficult to manage, because researchers, advisors and farmers in the newly invaded areas lack advanced understanding in how managing these pests. The aim of this study has been to test models that could reliably predict *Diabrotica virgifera virgifera* (LeConte) phenology in Tuscany. Models are necessary to accurately plan pest survey at the regional level and eventual insecticide applications on adults of this important maize pest. We have compared the results of three years monitoring activity in three areas of Tuscany with the output of two different models, in order to predict adult emergence from air temperature measurements. The best results have been achieved with the model that utilizes the date of maize planting as starting date for the accumulation of degree-days. This confirms that there is a strict connection between maize and pest phenology. The most appropriate model will be integrated in a Decision Support System for containment and management strategies of maize pests in Tuscany.

### Keywords

*Diabrotica virgifera virgifera*, degree day model, pest monitoring, pest management, maize

### Parole chiave

*Diabrotica virgifera virgifera*, gradi giorno, monitoraggio insetti, gestione insetti dannosi, mais

### Introduction

The Western Corn Rootworm (WCR), *Diabrotica virgifera virgifera*, LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), has been considered the most alarming insect pest of cultivated maize (*Zea mays*) in the U.S.A. for more than 60 years. This pest is currently spreading in Europe (Moeser and Guillemaud, 2009). The introduction in Europe is quite recent, between the early 1980s and early 2000s. In Italy, it has been found for the first time close to Venice airport in 1998 (Furlan *et al.*, 1998). To date, WCR has occurred in most of the regions of north and central Italy, where maize is cultivated. In Tuscany, the first scouting has been conducted in 2010, restricted to the north-east area of the region, near border with Emilia Romagna, where WCR presence had been detected few years earlier. WCR is, therefore, generally regarded as a serious threat to European maize production, and severe measures have been put forward by the EU Commission to prevent the diffusion of this beetle within the European Union

until 2014. Accurate monitoring campaigns have been encouraged, since then.

In America, as a result of risks related to WCR outbreaks, several models have been implemented to forecast and describe WCR phenology and to provide support in selecting the correct time for control treatment.

These models are based on the assumption that environmental temperature regulates the phenology of insects. Indeed, insect development occurs within a specific temperature range, known as the 'thermal range', with a minimum and a maximum threshold (Dixon *et al.*, 2009). The strong temperature dependence of insect development also influences the emergence of adults. Models that reliably predict WCR emergence would allow scouting to be focused on key periods, on a limited time span, rather than over the entire season. Moreover, predicting the flight period with accuracy can improve existing knowledge about WCR phenology, in particular the biological and behavioural patterns of the insect in Tuscany. Furthermore, the availability of predictive models can



facilitate the planning (start and end of actions) and magnitude (resources and staff hiring times) of the monitoring activity.

In this study we focused on two models based on air temperature, differing in the day of start (biofix) for degree days accumulation:

1. Nowatzki *et al.* (2002), for predicting adult emergence in the field with two different biofix;
2. Stevenson *et al.* (2008), for predicting adult emergence from planting date.

The objective of this study was to test models applied in other countries/environments for reliably predicting WCR emergence in Tuscany, with the aim of implementing them in a Decision Support System for managing maize pests. We compared the results of three-years monitoring activity in three areas of Tuscany with previously published models, for estimating model validity and improving predictions of adult emergence from air temperature data.

## Materials and Methods

This study was carried out in Tuscany, north-central Italy, from June to September of three years (2013 – 2015).

The monitored fields were located in three different areas suitable for maize production in the province of Massa Carrara (area 1), Pisa-Lucca (area 2) and Grosseto (area 3). In all experimental fields, the hybrids planted were FAO 500-700 rating; 120-140 days total time. Conventional tillage methods were used, with no insecticides at planting. Other agronomic practises like fertilization and irrigation were done at the discretion of the growers, and were typical of Tuscany field maize production.

One agrometeorological station of the regional monitoring network (Regione Toscana) occurred in each of the three experimental areas, close to maize fields.

Tested models were based on a theoretical start date for the developmental period concerned, and on lower and upper functional development temperatures over the given time period (equivalent to the minimum and maximum temperature thresholds).

Air temperature degree days accumulated starting from the different date (biofix), for each model and for each field, were calculated with the double sine wave method (Allen, 1976). Following the models tested:

1. Novatzki *et al.* (2002), with two biofix: Novatzki-1 uses the output day of Davis model (Davis *et al.* 1996) for the beginning of adult flight; Novatzki-2 uses the first adult detected in the field by means of pheromone traps.

2. Stevenson *et al.* (2008), with biofix at maize planting date. Lower threshold: 10 °C, upper threshold: 30 °C.

For each area and year, we calculated emergence expressed as cumulative percentage of the total and we compared the output of the models for 10%, 50%, and 90% of the cumulated emergence. To evaluate the predictive accuracy of the models, on the basis of the lowest RMSE (root mean square error) and MAE (mean absolute error), we compared the deviation in emergence in actual days, between the current data set (i.e., observed) and those predicted through modelling.

## Results and Discussion

In 2013, adult emergence started on 1 July in area 2 and on 6 July in area 1. No captures were observed in area 3. In 2014, adult catches began 19 June in area 2, 4 July in area 1 and 9 July in area 3. In 2015, adult emergence started earlier: 22 June in area 3, 24 June in area 2, and 4 July in area 1. Emergence was completed in all fields by late August or early September (figure 1).

During 2013 monitoring season, a total of 684 WCR beetles were captured in area 1, 233 in area 2 and 0 in area 3. In 2014, 320 in area 1, 285 in area 2, and 25 in area 3. During 2015 monitoring activity, 195 WCR were captured in area 1 (two fields were in rotation), 482 in area 2 and 171 in area 3.

In 2013, 2 peaks in area 1, one on 20 July and the second on 8 August, were observed; while in area 2, the peak was reached on 5 August. In 2014, we recorded close peaks in the three monitored areas: in area 1 on 25 July, in area 2 on 28 July and in area 3 on 27 July. In 2015, the peak emergence occurred on 26 July in area 1, on 1 July in area 2 and on 12 July in area 3. According to Nowatzki *et al.*, (2002), the day for the beginning of emergence (starting of adult flight) was set as the date midway between the last date when no beetles were captured and the date when the first beetle was observed in a trap.

In area 1 (north Tuscany), adult emergence reached the 10% of the cumulative total on 15 July, in 2013, on 11 July, in 2014, and on 13 July, in 2015. 50% of adult emergence was observed on 28 July, in 2013, 20 July, in 2014, and on 23 July, in 2015. The end of adult emergence (90% of the total) was recorded on 18 August, in 2013, on 11 August, in 2014, and on 2 August, in 2015.

In area 2 (central Tuscany), the 10% of adult emergence was recorded on 16 July, in 2013, on 4 July in 2014, and 7 July in 2015. 50% of adult emergence was observed on 4 August, in 2013, on 24 July in 2014, and on 24 July in 2015. The end of adult emergence (90% of the total) was recorded on 26

August, in 2013, on 22 August in 2014, and on 11 August in 2015.

Finally, in area 3 (south Tuscany) we did not observe any catches in 2013. In 2014, the catches were done only in one field: 10% on 13 July, 50% on 25 July, and 90% on 23 August. During 2015 campaign, 10% of cumulative catches was reached on 3 July, 50% on 12 July, and 90% on 23 July (figure 1 ).

The best predictive accuracy (predicted emergence) was obtained by mean of Nowatzky-2 model with biofix at the first adult captured in the field, and by Stevenson model. Nowatzky-1 (with biofix at the emergence date predicted by Davis model) gave a poor prediction for the 10%, 50%, and 90% of the cumulated catches. For the beginning of the emergence, 10%, the best model was Nowatzky-2 with a difference between predicted and observed value of 1-5 days. Stevenson model predicted the starting of emergence (10% of the total cumulated) with a difference between predicted and observed values between 1 and 12 days (worst result in 2014). The 50% of the cumulative emergence (50%) was well predicted by Stevenson model in terms of number of days; this model showed a difference between predicted and observed day of 0 to seven days. The end of emergence (90% of the cumulated catches) was predicted by both models with few days of difference. Nowatzki-2 model showed a difference in days between 1 and 17. Stevenson model showed a difference in days between 2 and 11 (Table 1).

## Conclusions

The earliest and latest dates of the onset of adult WCR emergence were separated by 20 days across the three areas and the three years. In the same year, the differences among the three areas were 5 days, in 2013, 20 days, in 2014, and 12 days, in 2015.

The previous winter (overwinter period) has been exceptionally mild both in 2014 and 2015.

The model developed by Nowatzki *et al.* (2002) with biofix at the day of first adult emergence, according to Davis *et al.* (1996) model, (Nowatzki-1), was not able to predict emergence in any location of Tuscany. On the other hand, the same model with biofix at the day of the first adult captured in the field (Nowatzki-2) performed much better. This confirmed that the accuracy of degree day models can be significantly enhanced by biofix that corresponds to predictable biological events rather than those using fixed, standard dates, such as 1 January.

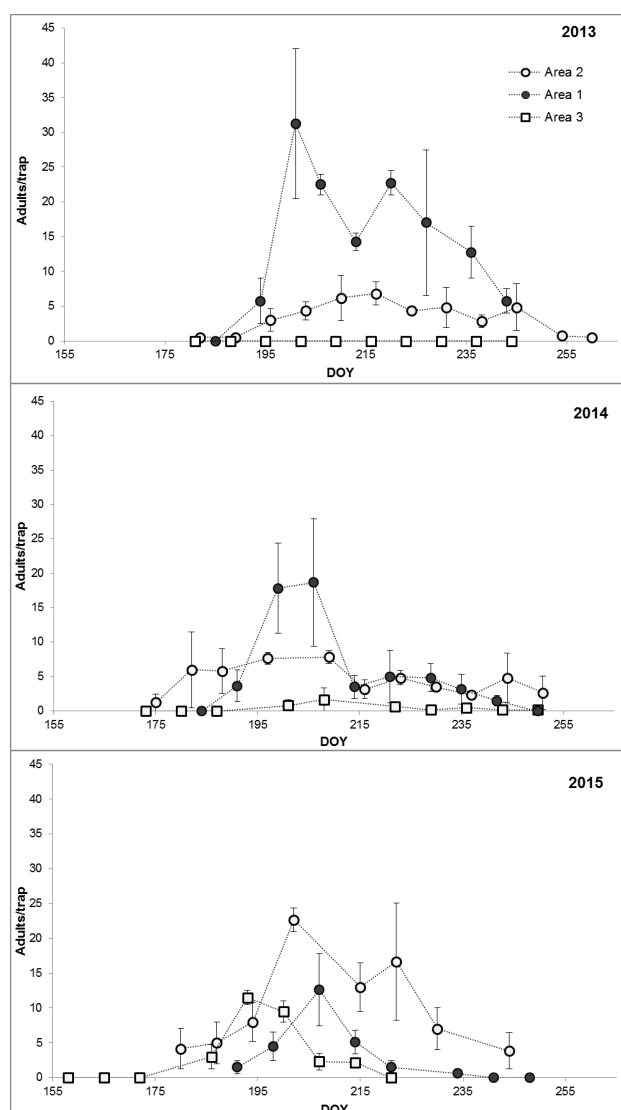


Fig.1- Number of adults captured in pheromone traps from June to September in the three experimental areas in 2013, 2014 and 2015. For each day of the year (DOY) and for each area, data are the mean of three observations  $\pm$  standard error ( $n=3$ ). Area 1 = Massa Carrara province, Area 2 = Pisa and Lucca provinces, Area 3 =Grosseto province.

Fig.1 – Numero di adulti catturati nelle trappole a feromone nelle tre aree di monitoraggio nel 2013, 2014 e 2015. Per ogni giorno dell'anno (DOY) e per ogni area i valori sono la media di tre osservazioni  $\pm$  l'errore standard ( $n=3$ ). Area 1 = provincia di Massa Carrara, Area 2 = provincia di Pisa e Lucca, Area 3 = provincia di Grosseto.

In Stevenson model, factors affecting emergence were reduced by using the planting date of maize as biofix, as well as other factors, including soil type, soil moisture, and vertical distribution of the eggs in the soil. The better performance of Stevenson model in comparison with the others tested confirms that WCR life history is linked to the phenology of maize, because of the common dependence on environmental temperatures. In addition, Nowatzki-2 model requirements of a complete monitoring activity, since the first adult captured in the field, is prerequisite for starting the model calculation, while with Stevenson model the scouting activity may be implemented in a shorter time period.

The model output will be spatialized over the most important area for maize cultivation in Tuscany, taking into account geographical characteristics, and the maps will be integrated in a Decision Support System for pest management at the landscape scale.

These maps would be extremely useful at the regional level to plan the monitoring network, on the basis of warning reports and pest management.

## References

Allen J.C., 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. *Environmental Entomology*, 5: 338–396.  
 Davis P. M., Brenes M., Allee L.L., 1996. Temperature dependent models to predict regional

differences in corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) phenology. *Environmental Entomology*, 25: 767–775.

Dixon A.F.G., Honek A., Keil P., Kotela M.A.A.A., Sizling, A.L., Jarosik V., 2009. Relationship between the minimum and maximum temperature thresholds for development in insects. *Functional Ecology*, 23: 257–264.

Furlan L., Vettorazzo M., Ortez A., Frausin C., 1998. Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) has already arrived in Italy. *Informatore Fitopatologico*, 12: 41–42.

Moeser J., Guillemaud T., 2009. International cooperation on western corn rootworm ecology research: state-of-the-art and future research. *Agricultural and Forest Entomology*, 11: 3–7.

Nowatzki T.M., Tollefson J.J., Calvin A.D., 2002. Development and validation of models for predicting the seasonal emergence of Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) beetles in Iowa. *Environmental Entomology*, 31: 864–873.

Stevenson D.E., Michels G. J., Bible J. B., Jackman J.A., Harris M.K., 2008. Physiological Time Model for Predicting Adult Emergence of Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in the Texas High Plains. *Journal of Economic Entomology*, 101: 1584–1593

Tab.1 - Mean difference between day of the year predicted by Nowatzki-1 model (biofix at the day of estimated emergence), Nowatzki-2 model (biofix at the day of first adult captured), and Stevenson model (biofix at planting date) (P) and day of the year observed (O) for the 10%, 50% and 90% of cumulative emergences in the three experimental areas for each year of observation. MAE (mean absolute error) is reported. Positive number of days indicates emergence date predicted by model occurred earlier than observed, whereas negative numbers indicate that it occurred later than observed

Tab.1 – Scarto tra il giorno dell'anno predetto dal modello Nowatzki-1 (inizio dell'accumulo alla data simulata per l'emergenza), dal modello Nowatzki-2 (inizio dell'accumulo nel giorno del primo adulto catturato in campo), e dal modello Stevenson (inizio dell'accumulo alla data di semina) (P) ed il giorno dell'anno osservato (O) per il 10%, 50% e 90% delle catture cumulate per ciascuna area e per ciascun anno di osservazione. MAE (errore assoluto medio) è inoltre riportato. Numero positivo indica che il giorno previsto dal modello è antecedente a quello osservato, mentre numero negativo indica che il giorno previsto dal modello posteriore a quello osservato.

			NOWATZKI1		NOWATZKI2		STEVENSON	
			P-O	MAE	P-O	MAE	P-O	MAE
2013	area 1	10%	-18	18	-3	3	7	7
		50%	-17	17	-3	3	7	7
		90%	-15	15	-1	2	10	10
	area 2	10%	-38	38	-4	4	8	10
		50%	-44	44	-11	11	0	3
		90%	-42	42	-9	12	3	3
2014	area 1	10%	-29	29	1	1	8	8
		50%	-23	23	5	5	-5	9
		90%	-19	19	-1	4	10	22
	area 2	10%	-38	38	-3	3	12	12
		50%	-42	42	-9	10	5	14
		90%	-47	47	-15	15	6	16
	area 3	10%	-42	42	1	1	-3	3
		50%	-40	40	1	1	-1	1
		90%	-43	43	-4	4	-6	6
2015	area 1	10%	-31	31	1	4	-6	6
		50%	-27	27	3	4	-4	4
		90%	-15	15	16	16	3	6
	area 2	10%	-33	33	-5	6	6	6
		50%	-37	37	-10	10	0	6
		90%	-32	32	-6	6	2	4
	area 3	10%	-29	29	2	2	1	3
		50%	-25	25	5	5	2	2
		90%	-12	12	17	17	11	11

# CONDIVISIONE E INTERPOLAZIONE DEI DATI AGROMETEOROLOGICI REGIONALI A LIVELLO NAZIONALE: UNA MODESTA PROPOSTA

## SHARING AND INTERPOLATION OF REGIONAL AGROMETEOROLOGICAL DATA AT THE NATIONAL LEVEL: A MODEST PROPOSAL

Vittorio Marletto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Arpa Emilia-Romagna, Servizio IdroMeteoClima, viale Antonio Silvani 6, 40122, Bologna, [ymarletto@arpa.emr.it](mailto:ymarletto@arpa.emr.it)

### Abstract

I briefly present the status of agro-meteorological data networks managed by the Italian regions (including Trento and Bolzano autonomous provinces) and make a proposal for a national partnership to share data setting up a national system similar to the one used for many years in Emilia-Romagna, i.e. a regular interpolation grid covering the entire country (with the possible exception of areas higher than 1500 m asl). The advantages of the proposed system are manifold: the absence of interregional boundaries, absence of spatial and temporal gaps, ease of data acquisition by users, ease of generation of derived products from third parties, maintaining control of the original data, and last but not least, reduction of cost of data transfer to users by regional network operators.

### Parole chiave

Reti agrometeorologiche, Servizio nazionale, Disponibilità libera dei dati, Griglia di analisi

### Keywords

agrometeorological networks, national service, free data availability, analysis grid

### Introduzione

In Italia spesso aziende e privati lamentano la difficoltà di reperire facilmente dati agrometeorologici data la frammentazione e disomogeneità delle fonti pubbliche disponibili. Qui di seguito do conto di un'analisi speditiva della situazione e avanzo una proposta per rimediare ai problemi riscontrati.

### Materiali e Metodi

Nel 2015 ho condotto una ricognizione speditiva e sicuramente non esaustiva delle risorse di reti, stazioni, e previsioni meteo reperibili e disponibili in ambito regionale (sottintendendo nel seguito con questo termine anche le province autonome di Trento e Bolzano). L'occasione per il lavoro è venuta da una giornata di studio sul Pan (piano di azione nazionale per la difesa integrata obbligatoria) tenutasi a Bologna il 25 settembre 2015.

Come fonte primaria ho utilizzato le relazioni regionali sull'applicazione della difesa integrata obbligatoria prevista dall'art. 14 della Dir. 2009/128/CE. Avevo disponibilità di 15 relazioni sulle 21 previste (19 regioni + 2 pp.aa.).

Altre informazioni per le restanti 6 regioni, ovvero Lombardia, Lazio, Marche, Umbria, Basilicata e Calabria, le ho reperite sui rispettivi siti web.

### Risultati e Discussione

Dalla mia ricognizione risulta che:

- tutte le regioni hanno attivato reti di rilevazione meteo e/o agrometeo in tempo reale;
- le reti non sono omogenee;
- almeno temperature e precipitazioni sono misurate da tutti;
- l'accesso ai dati è molto disomogeneo;
- l'integrazione interna tra reti diverse nelle regioni stesse è frequente ma non assoluta;
- l'integrazione esterna o interscambio non c'è o quasi, salvo il sistema di condivisione dati in tempo reale presso la Protezione civile nazionale relativo ai soli dati idrometeorologici (precipitazioni, livelli idrometrici, temperature);
- solo l'Emilia-Romagna ha adottato l'approccio operativo dell'interpolazione dei dati su griglia.

*Tab.1 – Disponibilità di stazioni attive e in rete presso le regioni e province autonome. Nella colonna Dati le grandezze disponibili: T temperatura, P precipitazioni, U umidità, S soleggiamento, V vento, B bagnatura fogliare, N nivometria. \* Informazioni ricavate da siti web.*

*Tab.1 – Availability of active stations in Italian regional networks. In the Dati column: T temperature, P precipitation, U humidity, S solar radiation, V wind, B leaf wetness, N nivometry. \* Information from web sites.*

Regione	Stazioni	Dati	Reti
Abruzzo	30	T P U	Centro agrometeo, ProCiv
Basilicata*	40	T P U V S B	Alsia
Bolzano	25	T P U S V	Servizio meteo provincia
Calabria*	ca. 30	T P U	Arsac
Campania	49	T P U V	Centro agrometeo regionale
Emilia-Romagna	1024 quadranti 5x5 km	T P U B V	Arpa
FVGiulia	40+180TP	T P U B	ProCiv
Lazio*	90	T P U V S B	Arsial
Liguria	200+30	T P U V S B	ArpaL
Lombardia*	ca. 250	T P U V	Arpa
Marche*	ca. 40	T P U B	Assam
Molise	11	T P U V	COREDIMO
Piemonte	120	T P U B	Regione/privati
Puglia	59 fisse 35 mobili	T P U V S B	Assocodipuglia

Sardegna	130+62	T P V	ARPAS, Laore
Sicilia	96	T P U V	SIAS
Toscana	135	T P U V	Servizio idrologico
Trento	85	T P B	FEM
Umbria*	60	T P U B	3A-PTA
VDAosta	36	T P U V S B N	Prot. Civ.
Veneto	78	T P U V S B	ArpaV

Marginalmente, dall'indagine risulta anche che quasi tutte le regioni italiane producono in proprio previsioni del tempo. La Tab. 1 presenta lo stato delle disponibilità di stazioni di rilevamento meteo o agrometeo allacciate a reti regionali al 2015, con indicazioni relative all'ente proprietario o gestore ed alle grandezze rilevate.

Dalla tabella le stazioni disponibili e attive in tutta Italia risultano circa 2000 – 2400 (quest'ultima cifra si raggiunge includendo anche quelle di Arpa, non presentate in tabella), con riferimento alle sole regioni e pp.aa.

Lo Stato inoltre gestisce almeno altre due reti, quella del Crea (Rete agrometeorologica nazionale) e quella dell'Aeronautica Militare (inclusendo anche quelle aeroportuali civili).

A quest'abbondanza di stazioni e dati pubblici non corrisponde un'altrettanto abbondante disponibilità generale dei dati stessi alla cittadinanza e alle imprese (agricole o meno), come testimonia anche la crescente formazione di strutture private che gestiscono proprie reti agrometeorologiche e che distribuiscono i dati o servizi da essi derivati a pagamento (valga per tutti l'esempio di Horta srl, che nel proprio sito [www.horta-srl.it](http://www.horta-srl.it) dichiara di mantenere attiva una rete nazionale di ben 130 stazioni agrometeo).

In Emilia-Romagna la disponibilità di dati interpolati sulla griglia regolare ERG5 (Emilia-Romagna griglia a 5 km, [http://www.arpae.it/cms3/documenti/cerca\\_doc/siccita\\_desertificazione/ARPA\\_%20WGA1\\_ERG5.pdf](http://www.arpae.it/cms3/documenti/cerca_doc/siccita_desertificazione/ARPA_%20WGA1_ERG5.pdf)) formata da 1024 riquadri coprenti l'intero territorio consente l'erogazione del servizio di assistenza irrigua aziendale Irrinet da parte del Canale Emiliano-Romagnolo ([http://www.irriframe.it/irriframe/home/Index\\_er](http://www.irriframe.it/irriframe/home/Index_er)) e la gestione di numerosi modelli territoriali di insetti e malattie da parte del servizio fitosanitario regionale (<http://tinyurl.com/fitosanitariorer>).

I vantaggi del sistema di interpolazione a griglia rispetto alle distribuzione diretta dei dati di stazione si possono riassumere come segue:

- completezza spaziale – ogni zona del territorio ha sempre i dati a prescindere dalla presenza o meno di una stazione;
- completezza temporale – anche se una o più stazioni presentano delle avarie o anomalie i dati non vengono a mancare;
- incrementalità – anche se la rete si intensifica (o si riduce) il sistema non deve essere aggiornato.

L'estensione al territorio nazionale di servizi simili a quelli che si appoggiano alla griglia regionale emiliano-romagnola risulta al momento molto difficile data la mancanza di un sistema integrato di accesso a dati opportunamente condivisi, controllati e interpolati.

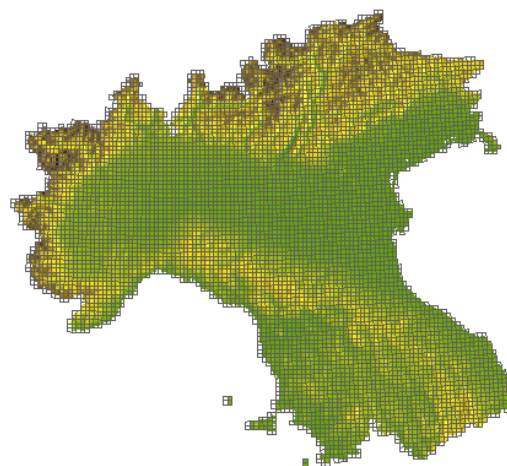


Fig.1 – Un esempio di griglia regolare a 5 km relativa alle regioni del centro nord che collaborano all'iniziativa Arcis.

Fig.1- An example of regular 5 km grid applied to central and northern regions involved in the Arcis initiative.

Un contro-esempio positivo è invece rappresentato dall'iniziativa Arcis (Archivio climatologico dell'Italia centrosettentrionale, Fig. 1), con la quale tutte le regioni e pp.aa. del centro-nord condividono i dati termici e pluviometrici giornalieri a scopo climatologico ([www.arcis.it](http://www.arcis.it)).

## Conclusioni

A partire dalle esperienze esposte, ovvero quella ormai trentennale dell'Emilia-Romagna e quella più recente ma in espansione di Arcis (Antolini et al. 2012), la modesta proposta di cui al titolo consiste in quanto segue:

- attivare un'iniziativa che qui chiamerei provvisoriamente Arnia (Archivio nazionale interregionale agro-meteorologico) tra tutte le strutture regionali e provinciali, ai fini della condivisione interpolazione e distribuzione dei dati agrometeorologici;
- costruire una griglia di interpolazione nazionale a 5 km;
- interpolare sulla griglia i dati pregressi di temperatura e precipitazione almeno ventennali (es. 1995-2015) ai fini di comparazione statistica;
- procedere alla condivisione in tempo quasi reale (+1 giorno) dei dati correnti (per cominciare almeno termici e pluviometrici, possibilmente orari);
- sviluppare alcuni semplici prodotti di base e di interesse pubblico (cartografie, anomalie ecc.);
- attivare un sito web geografico che, previa registrazione degli utenti, consenta a tutti la visualizzazione e scarico dei soli dati interpolati e dei prodotti da essi derivati sia in modalità interattiva che batch;
- favorire alle strutture nazionali, tramite opportuni formati aperti, l'accesso alle griglie dati così elaborate per integrarle alle proprie (per strutture nazionali si possono intendere per esempio Ispra, la Protezione Civile, il Sian, e simili).

Per puntare alla realizzazione concreta di un sistema del genere potrebbe servire un supporto economico che si dovrebbe poter trovare per esempio in ambito Life+, date le evidenti finalità ambientali della proposta.

## Bibliografia

Antolini G. et al., 2012. L'analisi giornaliera delle precipitazioni ARCIS 1961-2005. Atti conv. Aiam "Nuovi scenari agro ambientali: fenologia, produzioni agrarie e avversità" Palermo, 5 - 7 giugno 2012, 103-104.

**IL PROGETTO ALADIN:**  
**UN AGROALIMENTARE IDRO-INTELLIGENTE CONTRO**  
**L'APPROCCIO SETTORIALE AL RISPARMIO IDRICO.**  
**THE ALADIN PROJECT:**  
**HYDRO-SMART FOOD AND AGRICULTURE AGAINST**  
**A SECTORAL APPROACH IN WATER SAVINGS**

Lucio Botarelli<sup>1</sup>, Renzo Valloni<sup>2</sup> e Francesca Ventura<sup>3\*</sup> per conto del raggruppamento POR-FESR ALADIN\*

<sup>1</sup> Area Agrometeorologia, Territorio e Clima, Servizio IdroMeteoClima, ARPAE Emilia-Romagna, Viale Silvani 6, 40122 Bologna,

<sup>2</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura, Università di Parma, Via delle Scienze, 181/A, 43124 Parma.

<sup>3</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna, Viale Fanin 44, 40127, Bologna

\*[francesca.ventura@unibo.it](mailto:francesca.ventura@unibo.it), [info@progettoaladin.it](mailto:info@progettoaladin.it)

## Abstract

Il progetto ALADIN punta a raggiungere concreti avanzamenti nell'irrigazione ottimale delle colture intensive, in particolare su mais e pomodoro, con una sperimentazione biennale che supera i vecchi approcci settoriali. Essa è basata sulla messa a sistema di tutte le componenti che intervengono nella valutazione dell'esigenza idrica e nelle pratiche irrigue, e sull'integrazione nel collaudato sistema IrriNet del CER, che indica quando e quanto irrigare, per scendere al dettaglio delle parti diversamente idroesigenti all'interno di un singolo appezzamento.

Il raggruppamento ALADIN è composto da: CIDEA Università di Parma, Terra & Acqua Tech Università di Ferrara; CER Bologna, CRPA LAB Reggio Emilia, SSICA Parma, DipSA Università di Bologna, ARPAE Idro-Meteo-Clima Bologna e Azienda Sperimentale Stuard Parma e dalle imprese: AeroDron Parma, Sacmi Imola, RM Irrigation Equipment Parma e Tomato Colors Bologna.

**Keywords:** precision farming; water savings; on site sensors; self-propelled and airborne sensors.

**Parole chiave:** agricoltura di precisione; riduzione di uso dell'acqua; sensoristica in situ; sensoristica semovente e aviotrasportata.

## Descrizione

Il progetto Agroalimentare Idrointelligente (ALADIN), descritto nel seguito, è stato recentemente finanziato nel POR FESR e punta a raggiungere avanzamenti concreti nell'irrigazione ottimale delle colture intensive di pieno campo attraverso una sperimentazione biennale, sviluppando in modo particolare:

- una nuova piattaforma tecnologica multisensoriale con unità sensibili sia ai gas che alle onde elettromagnetiche e dei velivoli autonomi (droni) ultraleggeri a basso costo equipaggiati con sensori dedicati multispettrali per il rilievo del contenuto di acqua del suolo e delle condizioni di stress idrico delle colture;
- un nuovo sistema informatico che permetta di impiegare con profitto le informazioni rilevate e riversate in una mappa irrigua attraverso l'irrigazione a rateo variabile.

Il nuovo sistema informatico andrà ad integrarsi con il collaudato sistema IrriNet del CER, che indica quando e quanto irrigare, per scendere al dettaglio delle parti diversamente idroesigenti all'interno di un singolo appezzamento.

Le tecnologie testate in laboratorio saranno sottoposte ad un ampio ventaglio di sperimentazioni su quattro estesi campi prova siti nel bolognese e nel parmense nella disponibilità del progetto, su coltivazioni di pomodoro e mais, prodotti di particolare pregio e importanza per l'agricoltura emiliano-romagnola. Queste coltivazioni vengono quasi sempre condotte in regime irriguo e le carenze idriche e le

eccedenze idriche possono rappresentare importanti fattori di stress capaci di ridurre in modo significativo la quantità e la qualità dei prodotti, sino a comprometterne la commestibilità nei casi più gravi (ad esempio nel caso di sviluppo di micotossine su mais). La sperimentazione in campo prevede sia la valutazione dell'influenza dei fattori di controllo sulla misura dello stress idrico sia la stima in tempo reale del contenuto idrico attraverso la calibrazione dei dati delle rilevazioni da remoto con osservazioni e misure strumentali al suolo. Con l'applicazione di soluzioni irrigue innovative, basate sulla mappatura di dettaglio dell'esigenza idrica e su una precisa somministrazione a rateo variabile integrata nel servizio di assistenza tecnica irrigua, ALADIN detterà nuove condizioni di utilizzo sostenibile della risorsa idrica con notevoli benefici per l'ambiente e l'economia regionale.

Il diagramma a blocchi di Figura 1 semplifica le attività di progetto presentandone le numerose e diversificate attività nella loro scansione in quattro fasi temporali. Le tecnologie che il POR-FESR Emilia Romagna 2014-20 richiede di testare per la successiva produzione industriale saranno applicate sia su macchine semoventi sia su velivoli teleguidati e riguardano: 1. la misura dello stress idrico nelle diverse condizioni colturali, 2. un sistema informatico per l'interfacciamento del dato nel sistema IrriNet e da quest'ultimo agli strumenti di irrigazione e 3. la precisione delle attuali tecnologie per l'irrigazione con



l'implementazione delle funzioni di controllo della velocità e settore angolare del getto e delle portate degli ugelli delle ali piovane. La calibrazione dei dati delle rilevazioni da remoto con osservazioni e misure strumentali al suolo riguarderà tutte e tre le fasi di progetto: 1. pre-semina (zero), 2. stima esigenza idrica e 3. irrigazione.

Il raggiungimento degli obiettivi di progetto introdurrà importanti innovazioni rispetto ai "consigli irrigui" oggi forniti a più grande scala da IRRINET (CER) o da Società private (spesso privi di validazione).

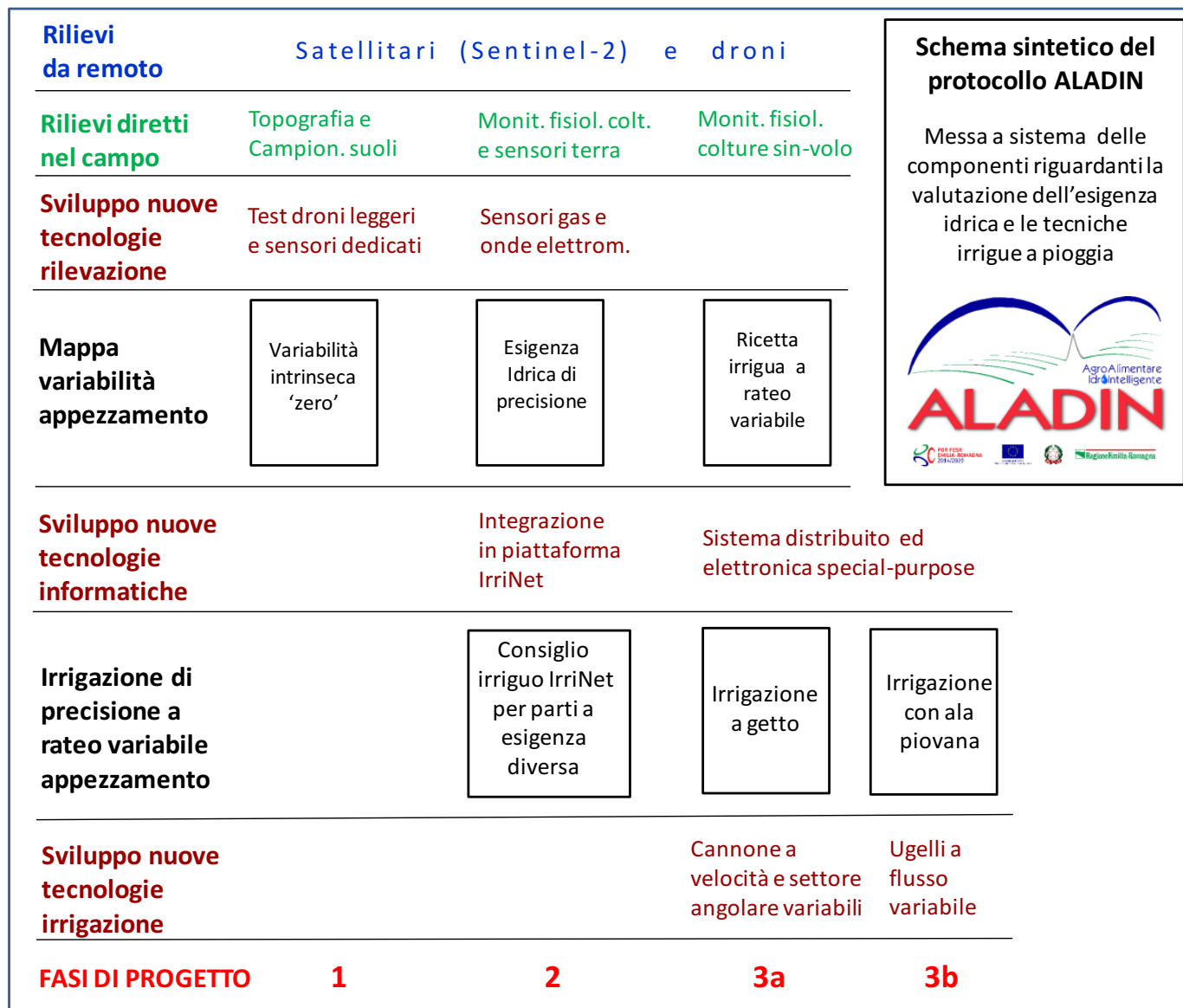


Fig.1: Flow chart and concept of the ALADIN Project

Fig.1: Schema a blocchi, contenuti e fasi del Progetto ALADIN.



# VERIFICATION OF METEOROLOGICAL FORECASTS OF THREE BASIC QUANTITIES *VERIFICA DELLE PREVISIONI METEOROLOGICHE DI TRE GRANDEZZE DI BASE*

Francesca Ventura<sup>1\*</sup>, Fiorenzo Salvatorelli<sup>1</sup>, Angelo Bertozzi<sup>2</sup>, Ivano Valmori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna, Viale Fanin 44, 40127, Bologna

<sup>2</sup> MeteoCenter, Parco delle Arti e delle Scienze "TORRICELLI", Via Albert Einstein, 8 (edificio Modulo 3), 48018 Faenza RA

<sup>3</sup> Direttore Image Line, Via Gallo Maruccci, 24, 48018 Faenza RA

\*[francesca.ventura@unibo.it](mailto:francesca.ventura@unibo.it)

## Abstract

One of the main aspects of the development of a meteorological model is the verification its reliability. It allows to know the behaviour of the model in different weather situations and to assess its performances in terms of both average and extremes. The verification helps to figure out how to tune the model in order to have better results. The quantitative prediction of precipitation and relative humidity (related to the onset of fungal pathogens and other diseases) has a fundamental role in agriculture and therefore its verification becomes particularly relevant.

Aim of this study was to compare daily precipitation, relative humidity, and temperature data forecasted by the model at 2, 3, 4,... 7 days, for the year 2015, with data from the agrometeorological station of the University of Bologna in Cadriano (BO). The forecast data were compared with measurements collected at the station. Statistical indexes useful for assessing the model performances showed a good performance for the temperatures, quite good for precipitation and relative humidity.

**Keywords:** forecasting models; precipitation, temperature; relative humidity; statistical indexes.

**Parole chiave:** modelli previsionali; precipitazione; temperatura; indici statistici.

## Introduzione

Il lavoro qui presentato parte dal servizio offerto dalla ditta Image Line di previsioni meteorologiche personalizzate in tutta Italia, in collaborazione con MeteoCenter, azienda specializzata nella fornitura di previsioni meteo. Il sistema di raccolta ed elaborazione dati che sta alla base del servizio MeteoGest integra informazioni provenienti da modelli globali, modelli di previsione europei, modelli di previsione nazionale, che rendono disponibili informazioni con una risoluzione di 1 x 1 km; per alimentare i modelli vengono utilizzati i dati dalle reti nazionali e regionali per le osservazioni meteorologiche. Tutte queste informazioni vengono elaborate da MeteoCenter e rese disponibili per gli utenti della Community di Image Line Network due volte al giorno, con previsioni a 7 giorni su una maglia di 1 x 1 km. Questo servizio ha carattere strettamente applicativo, ad esempio i dati vengono utilizzati in seconda battuta per modelli fitopatologici o per l'assistenza agli agricoltori. La loro validità è dunque importante, ed è molto utile confrontarli con dati misurati, anche per l'implementazione della modellistica meteorologica a piccola scala. Il lavoro presentato è iniziato nel 2014 (Ventura et al., 2014) con una prima calibrazione del modello a seguito del confronto tra dati osservati e previsti per il giorno stesso di Temperatura dell'aria e Precipitazione in tre stazioni agrometeorologiche dell'Università di Bologna, a Cadriano, Ozzano Valle e Ozzano Monte, per gli anni 2011 e 2013. Le prime due stazioni sono rappresentative della pianura Bolognese, la terza della prima collina. Successivamente, nel 2015 (Ventura et al., 2015) il modello così ricalibrato è stato testato su dati previsti e osservati di temperatura dell'aria

(T) e precipitazione (P) per tre stazioni agrometeorologiche di Ala e Piovi in provincia di Trento, e di Villa Albino in Acate (RG), tutte gestite dalla Fondazione Edmund Mach di S. Michele all'Adige. Le stazioni trentine si trovano sul fondovalle del fiume Adige, Ala nella parte meridionale della regione, a 160 m s.l.m., Piovi nei pressi di Mezzocorona, a 220 m s.l.m. La stazione di Albino invece si trova nella pianura vocata alla orticoltura e alle serre nei pressi di Vittoria e Ragusa.

In questo lavoro viene effettuato il confronto tra i dati osservati di Temperatura dell'aria, Umidità Relativa e Precipitazione della stazione agrometeorologica di Cadriano e i risultati di previsione a 2, 3, ...7 giorni ottenuti dal modello calibrato e testato nei lavori precedenti.

## Materiali e Metodi

La validazione del modello è stata effettuata utilizzando dati previsti e osservati di temperatura dell'aria (T), umidità relativa (UR) e precipitazione (P) per la stazione agrometeorologica di Cadriano (44°32'58" N; 11°24'32" E, 33 m s.l.m.) dell'AUB, Università di Bologna. La stazione agrometeorologica è standard, ed è rappresentativa della pianura bolognese.

I dati analizzati sono a cadenza oraria e giornaliera. I dati orari sono stati utilizzati per calcolare quelli giornalieri, poi mensili ed annuali. Sono state calcolate le medie annue per T e UR e i totali annui per P. Successivamente sono stati calcolati indici statistici specifici per valutare i modelli (Wilks, 2005):

- RMSE, Scarto Quadratico Medio o Deviazione Standard;
- MAE, Errore Assoluto Medio;

- EF, Efficienza della Modellazione (valore ottimale: 1.0);
- CRM, Coefficiente di Massa Residua (valore ottimale: 0.0);
- Retta di regressione, con i parametri coefficiente angolare ( $b_1$ ), intercetta ( $b_0$ ) ed  $R^2$ ;

Gli ultimi 3 indici danno una valutazione sulla capacità previsionale del modello. Essi sono stati calcolati su base annua per tutte le grandezze, e anche su base mensile per le precipitazioni, data la maggiore difficoltà nel prevedere quest'ultima grandezza meteorologica.

## Risultati e Discussione

### TEMPERATURE

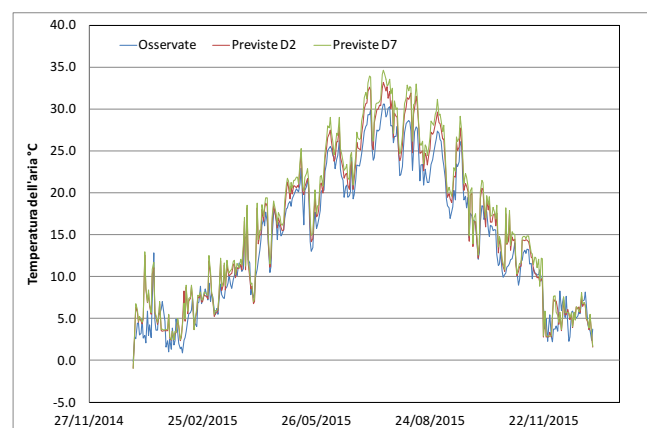
I risultati relativi al confronto tra temperature misurate e previste nella stazione di Cadriano sono molto simili per tutte le lunghezze previsionali analizzate, come si vede in Tabella 1.

*Tab. 1: Statistical indicators for air temperatures: RMSE and MAE give a measure of the error made by the prevision (in °C), EF is the efficiency of the model (optimal value: 1.0), CRM is the Coefficient of Residual Mass (optimal value: 0.0). CRM < 0.0 tell us that the model overestimate the observed data. Dn is an indicator of the number of days of forecast.*

*Tab. 1: indici statistici per la temperature dell'aria: RMSE e MAE danno una misura dell'errore commesso dalla previsione (in °C), EF è l'efficienza del modello (valore ottimale: 1,0), CRM il coefficiente di residuo di massa (valore ottimale: 0.0). Se CRM < 0.0 il modello sovrastima i dati osservati. Dn indica il numero di giorni della previsione*

		RMSE	MAE	EF	CRM
$T_{min}$	T_D2	2.36	1.79	0.89	-0.09
	T_D3	2.32	1.76	0.90	-0.08
	T_D4	2.35	1.79	0.90	-0.09
	T_D5	2.38	1.82	0.89	-0.09
	T_D6	2.43	1.87	0.89	-0.10
	T_D7	2.50	1.94	0.88	-0.11
$T_{med}$	T_D2	2.11	1.69	0.93	-0.09
	T_D3	1.89	1.49	0.95	-0.07
	T_D4	2.06	1.66	0.94	-0.09
	T_D5	2.25	1.85	0.93	-0.10
	T_D6	2.44	2.03	0.91	-0.12
	T_D7	2.65	2.24	0.90	-0.13
$T_{max}$	T_D2	3.54	2.89	0.85	-0.12
	T_D3	2.95	2.38	0.90	-0.09
	T_D4	3.49	2.86	0.86	-0.12
	T_D5	4.02	3.34	0.81	-0.14
	T_D6	4.45	3.72	0.77	-0.16
	T_D7	4.88	4.10	0.72	-0.19

I risultati ottenuti sono molto buoni, con un errore quadratico medio dell'ordine dei due gradi centigradi, che si alza fino a circa 5°C solo per la previsione della temperatura massima a 7 giorni, un risultato piuttosto soddisfacente. I valori di EF calcolati sono molto vicini a quelli ottimali (1.0), mostrando che la previsione è vicina al reale. Infine anche gli altri indici di capacità previsionale del modello sono vicini ai valori ottimali, denotando che il modello stima con una certa accuratezza le temperature. Inoltre gli  $R^2$  delle rette di regressione tra temperatura giornaliera osservata e simulata sono sempre maggiori di 0.9. A titolo di esempio si riporta in Fig. 1 il confronto tra  $T_{med}$  giornaliera misurata nella stazione di Cadriano con la stessa temperatura prevista a due e sette giorni. Si vede bene come il modello tende a sovrastimare i dati misurati, soprattutto nel caso dei valori massimi.



*Fig.1: Mean daily temperature observed and modeled for the D2 and D7 model runs.*

*Fig.1: Confronto tra le temperature medie giornaliere osservate e previste a 2 e 7 giorni (D2 e D7).*

### UMIDITÀ RELATIVA

I risultati del confronto tra umidità relative misurate e previste nella stazione di Cadriano sono meno soddisfacenti rispetto a quanto trovato per le temperature, ma molto simili negli andamenti. In particolare l'RMSE è dell'ordine del 10-15% (molto vicino all'errore di misura), crescente aumentando la distanza della previsione. Analogo risultato per il MAE, che varia da circa 7% a circa 11% per tutte le lunghezze previsionali analizzate. L'efficienza della stima è più bassa rispetto a quella della Temperatura, ed in effetti insoddisfacente per  $UR_{max}$ , mentre il modello generalmente sottostima. Guardando i dati giornalieri misurati a confronto con i previsti si notano valori di  $R^2$  inferiori a quelli delle temperature ( $R^2=0.66$  per  $UR_{min}$  e  $R^2=0.73$  per  $UR_{med}$ , a prescindere della distanza della previsione), decisamente non soddisfacenti nel caso di  $UR_{max}$ , che ha un  $R^2$  dell'ordine di 0.21. Il modello in generale sottostima l'umidità relativa, di più nel caso dell' $UR_{max}$ .

I motivi di questa sottostima sono almeno tre: il primo è da ricercarsi nell'estrema variabilità sulla microscala della

grandezza UR specie nel suo valore massimo, che viene raggiunto quasi sempre in orari notturni e come conseguenza dell'irraggiamento notturno del suolo. L'UR può cambiare in circostanze simili (irraggiamento notturno, assenza di ventilazione, cielo sereno) in poche decine di metri sulla base dell'uso suolo, tessitura del terreno, presenza o meno di avvallamenti o canali ecc. La stima risulta invece decisamente più affidabile in condizioni advettive e in presenza di vento

Un secondo motivo, che spiega la sistematica sottostima, è invece ascrivibile al periodo sul quale è stata condotta la validazione. Infatti il 2015 è stato contraddistinto da importantissime anomalie calde, specie in quota, basti pensare alle temperature registrate a più riprese fra i 4000 e i 6000 metri sul livello del mare nella seconda parte di novembre e prima di dicembre, con zero termico oltre i 5000 metri, valore elevato anche per luglio durante un invasione calda. Il cronico persistere di anomalie termiche positive ha indotto un riscaldamento dello strato di suolo fra 0 e -100 cm (specie fra 0 e -10 cm) che il modello di assimilazione dati (DAS) non è stato sempre in grado di rappresentare correttamente, sovrastimandolo e sovrastimando la "rugosità termica" indotta. Questo ha indotto nella simulazione temperature superficiali più elevate e contenuto igrometrico del suolo inferiore.

In ultimo occorre considerare il peso dell'errore prodotto nel periodo autunnale, nel quale il persistere di anomalie calde in quota ha prodotto fenomeni di inversione termica pellicolare con insistenza di strati nebbiosi particolarmente sottili e collocati fra 70 e 100 metri sopra il piano campagna. Tali stratificazioni non hanno quasi mai superato lo spessore di 100 m e molto più spesso sono stati contenuti all'interno di 20-30 metri, collocandosi quindi al di sotto alla risoluzione verticale della griglia del modello fisico validato sfuggendo quindi spesso alla simulazione, specie da D3/D4 in poi. La simulazione o meno del dissolvimento / sollevamento di questa "pellicola" passa per variazioni davvero minime delle condizioni meteorologiche al di sopra lo strato inferiore dello strato limite planetario (PBL) e può tradursi in errori talvolta anche macroscopici su temperature e umidità relativa. Queste circostanze davvero anomale sono continuate a fasi alterne per un periodo di circa 45-50 giorni.

#### PRECIPITAZIONI

Per le precipitazioni i risultati sono diversi, come sempre capita con questa grandezza che essendo discontinua è più difficile da modellizzare.

La tabella 2 riporta gli indici statistici calcolati confrontando i dati osservati con quelli previsti ai diversi lassi temporali. Si noti come, anche in questo caso, si ha una sovrastima della pioggia prevista rispetto alla misurata, con un delta crescente mano mano che si allunga la previsione. In particolare si vede, sia dai dati della cumulata in tabella 2, che dal grafico di figura 2, che la previsione a due giorni è piuttosto fedele, con una differenza alla fine dell'anno tra stimato e misurato di soli 28.3mm, ed un  $R^2$  del confronto dei dati giornalieri di 0.61. Le due curve, in

Fig.2, sono sempre molto vicine. All'aumentare della distanza temporale delle previsioni le differenze crescono, e dunque peggiorano tutti gli indicatori statistici, e sono concentrate soprattutto in alcuni eventi. Questo poiché nel periodo di validazione, come precedentemente citato, sono occorse rilevanti anomalie termiche positive e la natura delle precipitazioni di ottobre – novembre, nonostante il periodo stagionale, è stata in larga parte convettiva. Il comportamento di sovrastima delle precipitazioni convettive "fuori stagione" è un comportamento noto nella simulazione di convezione profonda con un profilo termigrometrico troposferico non estivo. In circostanze simili l'effetto di autorigenazione delle celle temporalesche viene tendenzialmente sovrastimato, specie all'interno di "warm conveyor belt". In altri ambiti operativi questo comportamento è stato con successo mitigato dall'utilizzo di Multimodel Ensemble con configurazione "multiphysics" (affiancamento al modello principale, detto di controllo, di altre corse a risoluzione leggermente inferiore e con driver di simulazione diversi), prodotto recentemente introdotto anche nella linea modellistica utilizzata in MeteoGest ma ancora con un utilizzo limitato a 2 mesi.

*Tab.2: Statistical indicators for precipitation: RMSE and MAE give a measure of the error made by the prevision (in mm), EF is the efficiency of the model (optimal value: 1.0), CRM is the Coefficient of Residual Mass (optimal value: 0.0). CRM < 0.0 tell us that the model overestimate the observed data.*

*Tab. 2: indicatori statistici per le precipitazioni: RMSE e MAE danno una misura dell'errore commesso dalla previsione (in mm), EF è l'efficienza del modello (valore ottimale: 1,0), CRM il coefficiente di residuo di massa (valore ottimale: 0.0). Se CRM <0.0 il modello sovrastima i dati osservati.*

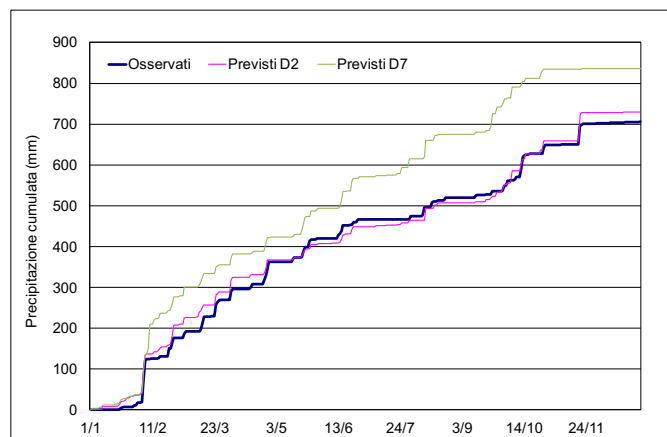
	P (mm/y)	RMSE	MAE	EF	CRM
P misurato	705.6	mm	mm	.	.
<b>P_D2</b>	729.4	4.11	1.56	0.53	-0.03
<b>P_D3</b>	770.1	4.94	1.70	0.32	-0.09
<b>P_D4</b>	860.3	5.00	1.80	0.30	-0.22
<b>P_D5</b>	850.6	5.05	1.91	0.29	-0.21
<b>P_D6</b>	866.8	5.28	1.93	0.22	-0.23
<b>P_D7</b>	836.6	6.29	2.24	-0.11	-0.19

#### Conclusioni

Il presente lavoro analizza il confronto tra dati di temperature, umidità relative e precipitazioni giornaliere, osservate e previste a 2, 3, ...7 giorni, per la stazione agrometeorologica di Cadriano (BO). Il modello dà risultati di previsione piuttosto buoni per quanto riguarda la temperatura dell'aria, soprattutto media e minima, un pochino meno per le umidità relative mentre per le precipitazioni tende alla sovrastima, in modo crescente all'allontanarsi della data di previsione. Questi confronti sono stati condotti utilizzando i dati del 2015, per non

sovrapporsi con prove di calibrazione del modello fatte precedentemente. L'anno 2015 però è stato caratterizzato da potenti e persistenti anomalie calde, specie in quota, che rendono difficile la previsione. Questo effetto potrà essere mitigato con l'impiego di Multimodel Ensemble Forecasts, che è già stato messo in opera da MeteoGest.

Come ultima osservazione diremo che il "nuovo" clima è più difficile da prevedere, in quanto i modelli sviluppati sulla base del clima "precedente" non sono completamente adeguati alla nuova situazione, che pure è in divenire.



*Fig. 2: Cumulative rainfall for the Cadriano observed (blue line) and forecasted data: pink line D2, green line D7 data.*

*Fig. 2: Precipitazioni cumulate per la stazione di Cadriano, dati osservati (linea blu) e previsioni a due giorni D2, linea magenta, e a sette giorni, D7, linea verde.*

## References

F. Ventura, R. Solone, A. Bertozzi, I. Valmori 2014. Validation of a model for temperature and precipitation forecast. Atti del XVII Convegno Nazionale AIAM: "Role of Agrometeorology in the new agricultural policies". Roma, 10-12 Giugno 2014.

F. Ventura, R. Solone, A. Bertozzi, I. Valmori, 2015. Verification and validation of a computer model to forecast meteorological quantities. Atti del XVIII Convegno Nazionale AIAM: "Nuove energie per alimentare l'agricoltura acqua, aria, suolo, piante, animali" San Michele all'Adige (TN), 9 - 11 giugno 2015.

Wilks, D.S., 2005: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 2nd Edition. Elsevier, 627 pp.

WMO, 1992. Standardized Verification System (Svs) For Long-Range Forecasts (Lrf). ATTACHMENT II.8.

# AGROMETEOROLOGIA IN SANITÀ PUBBLICA. L'USO DELLA TECNOLOGIA GIS PER LA LOTTA ALLA BLUETONGUE *AGROMETEOROLOGY IN PUBLIC HEALTH. THE ACTION AGAINST BLUETONGUE WITH GIS TECHNOLOGY*

Stefano Cappai<sup>1\*</sup>, Federica Loi<sup>1</sup>, Sandro Rolesu<sup>1</sup>, Michele Fiori<sup>2</sup>, Simona Canu<sup>2</sup>, Paolo Capece<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna, OEVR-CdSE via XX Settembre 9, 09125 Cagliari (CA)

<sup>2</sup> ARPAS Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Dipartimento Meteorologico, V.le Porto Torres 119, 07100 Sassari (SS)

\*[stefano.cappai@izs-sardegna.it](mailto:stefano.cappai@izs-sardegna.it)

## Abstract

After 16 years since the first outbreak of Bluetongue in Italy, numerous aspects concerning the epidemiology of the disease are more understandable, especially about its spread throughout the territory and the vector dynamics. But there are still many unknown factors that do not allow us to preventively act to "contain" the disease impact at the beginning of a new epidemic season. The disease's changes and its knowledge during the past decade have involved various aspects of its etiology and especially its epidemiology. Considering the current difficulty to operate with a mass vaccination using a live attenuated vaccine the factors on which to deepen the knowledge are the vector dynamics and the role of agrometeorological aspects, which influence the course of the disease, because these are the factors on which to work to decrease the density of insect vector. This reasoning is the basis of a risk classification work, based on a "territory zoom", considering the density of animals on each farm and using geo-referenced information regarding rainfall and other parameters about the farms and strongly correlated with the formation of larval site reproduction. The fitted model able to give a measure of short-term predicted risk distributed in the territory, and to provide local health authorities and all the institutions involved in the fight against this disease.

## Parole chiave

Bluetongue; Rischio; *C. imicola*; Agrometeorologia; densità del vettore.

## Keywords

Bluetongue; Risk; *C. imicola*; agrometeorology; vector density.

## Introduction

Bluetongue (BT) is a viral disease of ruminant transmitted by biting midges of the genus *Culicoides*, emerged in southern Europe in the end of the 1990s and has continued to occur throughout the current decades (Baylis et al., 2010). Transmission of BTV in Europe is associated with several species of *Culicoides*, including *C. imicola*, which has a distribution that extends into southern Europe, and at least some members of the *C. obsoletus* and *C. pulicaris* species groups (Meiswinkel et al., 2007). The disease's changes and its knowledge over the past was focused on various etiological aspects and its epidemiology:

- Variation of the vector dynamic adapted to new climatic zones; with the BTV-8 epidemic in 2008, a new north epizootic system has been generated;
- Discovery of new serotypes; 27 those known, some with high degree of pathogenicity;
- Discovery of new vectors (over 1000 species of *Culicoides*);
- Evidence of transplacental transmission;
- Overwintering always more widespread (Foxi et al, 2014);
- Presence of new strains pathogenic to cattle.

While the mortality rate has unchanged (2-30%), the morbidity of the disease has been increasing over the years, with a rate of 70-80% nowadays, compared to 15-20% of the '90 years. Although vaccination is considered the most efficacious method now, additional agronomic interventions

are needed to support the struggle against the insect vector, in order to reduce their density. Direct prophylaxis should be continued in every farm and next to the animals (Rolesu et al, 2013). There are many evidences that demonstrate the insect "follows" the herd's movements and is directly related to the animals, in order to find an ideal habitat to its reproduction cycle, with the presence of organic matter in the mud and in the wet ground (Meiswinkel and Braack, 1994). To build a risk prediction model, rainfall and hydroclimatic data were included with the variables about the individual farm, for a risk rating based on a "territory zoom".

## Materials and Methods

In order to assess the role of each variable involved in the carrier's biological cycle, retrospective analysis was carried out considering the years 2012-2015. A total of 13,000 farms distributed throughout the Sardinia region were included and each of them was observed for all the years. Through historical rainfall data the relationship between them and presence of disease (as serum conversion) was evaluated; were also considered several characteristics of each farm: animal density, altitude, vaccination, water reservoirs or rivers nearby presence. Their correlation with the outbreak was investigated. A Generalized Linear Mixed Model was fitted in order to obtain an accurate risk estimation for each farm (Hadfield, 2010). With the use of



GIS technology has been possible to spatially overlay all variables associated to a risk value, exactly detailed. Statistical analyses were performed using the R software version 3.2.1 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) and Stata version 13.1 (StataCorp, Texas, USA). GPS coordinates were used to locate as precisely as possible the ovine farm, to calculate the distances between different sites and to undertake the analysis of implementation of the model in space-time form (ARCGIS, v.10; ESRI, Redland, California).

## Results

The estimates obtained have pointed out the different roles of each variable involved the disease risk; in particular the amount of rainfall in the previous decade, and the animal's density into farm are the two determinants of the disease's event. The fitted model has been implemented with the ArcGIS software to realize a risk map (Figure 1). This output represents the dynamic map with agrometeorological and farm's variables and will be updated every 10 days.

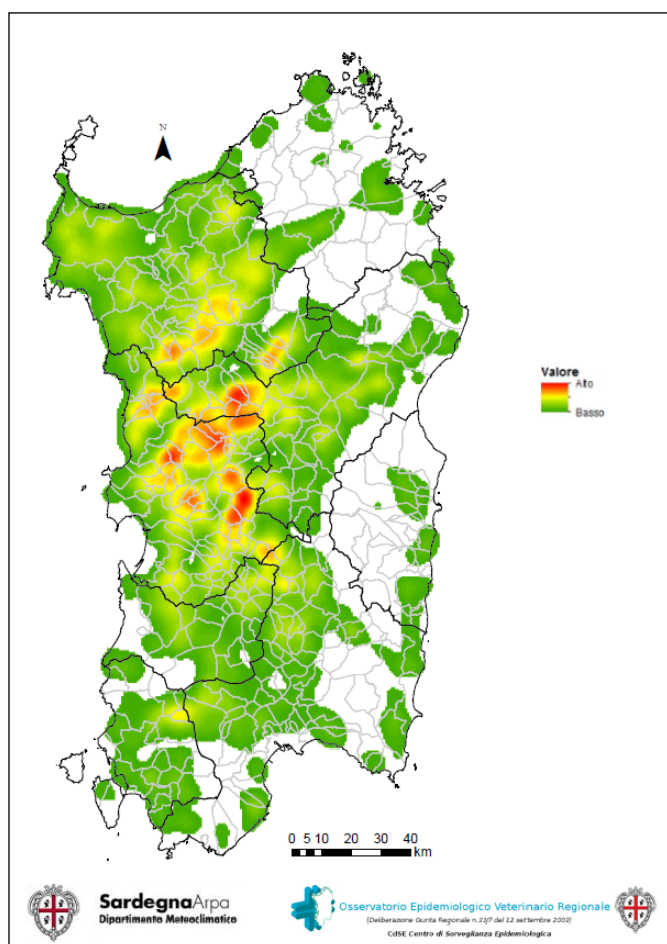


Fig.1- Risk Map, April 2016, 2<sup>nd</sup> decade.

*Fig.1-Mappa di Rischio, Aprile 2016, seconda decade.*

## Conclusions

The risk maps obtained are available for download at the Web sites of IZS Sardinia and ARPAS Sardinia. The output is hugely important for the insect vector's fight by the local health authorities and other organs such as the Department of Health and Department of Agriculture. The model created is constantly updated with graphical representation improved of these variables and the study of new variables (land use, wind, humidity). In addition to prophylaxis actions in the farm, the risk maps are a valid aid and allow significant saving cost during the sero-surveillance planning through sentinel farms, the vaccination strategies planning and the regulation of animal movements.

## References

- Baylis M., Parkin H., Kreppel K., Carpenter S., Mellor P.S., McIntyre K.M., 2010. Evaluation of housing as a means to protect cattle from *Culicoides* biting midges, the vectors of bluetongue virus. *Medical and Veterinary Entomology*, 24:38-45.
- Rolesu S., Aloï D., Cappai S., Mereu P.P., Fois F., Satta G., Palmas C., Ecça A.R., Pulina G., 2013. Bluetongue: A hypothesis of control strategy through decrease of *Culicoides* and their associated damage in farm. *J. of life sciences*, 7: 42-50.
- Foxi C., Satta G., Vento L., Cappai S., Meloni G., Rolesu S., 2014. Relationship between *Culicoides* vector density and Bluetongue seasonal vector free period in Sardinia, Italy Abstract Book: Bluetongue and related Orbiviruses IV International Conference - Rome 5-7 November 2014.
- Meiswinkel R., Baldet T., De Daken R., Takken W., Delécolle J.C., Mellor P.S., 2007. Epidemiological analysis of the 2006 bluetongue virus serotype 8 epidemic in north-western Europe: distribution and dynamic of vector species. *European Food Safety Authority*, Parma.
- Meiswinkel R., Labuschagne K., Baylis M., Mellor P., 2004. Multiple vectors and their differing ecologies: observations on two bluetongue and African horse sickness vector *Culicoides* species in South Africa. *Vet Ital*, 40(3): 296-302.
- Hadfield J. 2010. MCMC methods for Multi-response Generalised Linear Mixed Models: The MCMCglmm R Package. *Journal of Statistical Software*, 33(2): 1-22.

# IMPIEGO DI MISURE NIVOMETRICHE PER L'ANALISI DI UN MODELLO DI ACCUMULO E SCIOGLIMENTO NEVOSO

## USE OF SNOW MEASUREMENTS FOR THE ANALYSIS OF A SNOW ACCUMULATION AND MELT MODEL

Pierluca D'Agnese<sup>1\*</sup>, Cesare Govoni<sup>2</sup>, Andrea Spisni<sup>2</sup>, Fausto Tomei<sup>2</sup>, Elena Toth<sup>3</sup>, Vittorio Marletto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Deltares, Rotterdamseweg 185, 2629 HD, Delft, The Netherlands

<sup>2</sup> ARPAE Emilia - Romagna – Servizio Idro Meteo Clima, viale Silvani 6, 40122, Bologna (BO)

<sup>3</sup> Università di Bologna – DICAM, viale Risorgimento 2, 40100, Bologna (BO)

\*pierluca.dagnese@gmail.com

### Abstract

This paper concerns the analysis of the snow accumulation and melt model applied by ARPAE-SIMC (Regional Environmental Protection Agency – Hydro-Meteo-Climate Service) to monitor snow cover and Snow Water Equivalent (SWE) in the Emilia-Romagna region. Snow measurements acquired by the Meteomont Service for the avalanche risk assessment may represent a good tool to evaluate the model response. The analysis is focussed on the snow measurements station of Sestola – Lago della Ninfa, located in the Apennines mountain range (1550 m ASL). The temporal trend of SWE simulated by the model is compared to the available field data of SWE acquired during three snow-periods of 2012/13, 2013/14 and 2014/15. A higher spatial density of the snow measurements network and a greater number of data acquired in each station would permit the possibility to apply a model calibration and validation over the whole region.

### Parole chiave

Neve, misure nivometriche, Meteomont, SWE, modello numerico.

### Keywords

Snow, snow measurements, Meteomont, SWE, numerical model.

### Introduzione

La misura diretta dell'equivalente in acqua del manto nevoso (*Snow Water Equivalent*, SWE, millimetri) si basa sul calcolo dell'altezza del manto e della sua densità. A causa dell'ingente richiesta di risorse umane ed economiche necessarie per compiere tali indagini, le misure in campo non risultano adatte a descrivere la variabilità spazio-temporale della risorsa idrica nivale sul territorio. Tuttavia sono spesso utilizzate come punti di controllo a terra per la verifica e la taratura di tecniche di stima dello SWE. Tra queste si collocano i modelli numerici fisicamente basati, in grado di simulare l'evoluzione al suolo del manto nevoso e i principali processi fisici di accumulo e scioglimento della neve, fornendo delle stime di SWE sul territorio. In questo studio, Arpa-e-Simc ha potuto analizzare il modello attualmente operativo all'interno della procedura di monitoraggio della copertura nevosa sul territorio regionale (Spisni *et al.*, 2011), sfruttando le informazioni ricavate dai rilievi nivometeorologici del Servizio Meteomont.

### Materiali e Metodi

Dal Dicembre 2007, Arpa-e-Simc ha integrato il suo software di bilancio idrico *Criteria 3D* (Bittelli *et al.*, 2010) e il suo software di gestione dei dati agrometeorologici (PRAGA) con un modello numerico di accumulo e scioglimento nevoso: *the Snow Accumulation and Melt (SAM) model* (Brooks *et al.*, 2007). Il modello richiede in input unicamente dati meteorologici orari (temperatura dell'aria, precipitazione, umidità, radiazione solare e vento). Lo strato informativo di base è costituito da un Modello Digitale del Terreno a 500 metri che ricalca i

bacini idrografici di competenza regionale. In output è possibile ottenere l'informazione oraria di SWE in millimetri. Presso le stazioni nivometeorologiche manuali del Servizio Meteomont, durante il periodo di permanenza della neve al suolo, si svolgono indagini stratigrafiche atte a valutare la stabilità del manto nevoso. Da tali rilievi, eseguiti con cadenza settimanale, vengono ricavati diversi parametri nivologici, tra cui densità e altezza dei singoli strati, da cui è possibile risalire all'informazione di SWE. È stato individuato un unico campo neve: Sestola – Lago della Ninfa, in provincia di Modena, sull'Appennino Emiliano (1550 m s.l.m.). Attorno a tale stazione è stato estrapolato un modello digitale del terreno a 30 m dall'SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) della NASA. Le stagioni oggetto di studio sono 2012/13, 2013/14 e 2014/15, per un totale di 39 elaborati grafici o *Profili della neve (Modello 4)* realizzati dagli osservatori nivologici presso la stazione, da dicembre a inizio aprile. La collaborazione del Corpo Forestale dello Stato ha permesso la validazione dei dati in nostro possesso. La valutazione della loro coerenza con le misure nivometeorologiche eseguite giornalmente in termini di altezza totale del manto e peso specifico dello strato superficiale ha permesso di ripulire il dataset di partenza, limitandolo a un totale di 34 osservazioni. Le simulazioni sono state condotte nel periodo compreso tra il 01 novembre e il 15 aprile: la scelta della data di inizio simulazione nasce dalla necessità di inizializzare le equazioni di bilancio eseguite dal modello a partire dai primi periodi di accumulo di neve al suolo, mentre la data di fine simulazione corrisponde all'ultimo momento utile per l'analisi osservato/simulato. Sono stati

quindi confrontati, in corrispondenza del campo neve, gli andamenti temporali dei valori di SWE, presente al suolo, simulati con passo orario dal modello, ma ricondotti ad una scala giornaliera tramite un'operazione di media sulle 24 ore, con i valori puntuali ricavati dalle analisi stratigrafiche. Gli indicatori scelti per quantificare lo scostamento tra osservato e simulato sono: il *Root Mean Square Error* RMSE, il BIAS e l'indice di efficienza di *Nash-Sutcliffe* NS (Moriassi *et al.*, 2007). Il valore ottimale di BIAS e RMSE è pari a 0. Il segno del BIAS è un indicatore della tendenza da parte del modello a sovrastimare o sottostimare il dato reale; mentre il RMSE, che ha la stessa unità di misura delle osservazioni, fornisce una descrizione dell'ordine di grandezza dell'errore. Il valore dell'indice NS è compreso tra  $-\infty$  e 1. Se NS=1, il modello stima perfettamente.

Tab.1 – Indici di errore e di efficienza relativi alle 3 stagioni in esame.

Tab.1 – Error indices and NS Efficiency concerning the three studied periods

Stagione	RMSE	BIAS	NS
2012/13	90.05	-48.87	0.73
2013/14	127.47	100.17	0.28
2014/15	236.61	199.16	-0.39

## Risultati e Discussione

La stagione 2012/13 mostra i risultati migliori in termini di indici di errore e di efficienza (Tab.1). Una leggera tendenza alla sovrastima è testimoniata dal valore negativo del BIAS e l'analisi dell'andamento temporale dello SWE (Fig.1) rivela come tale problema sia per lo più relativo alla fase finale della stagione.

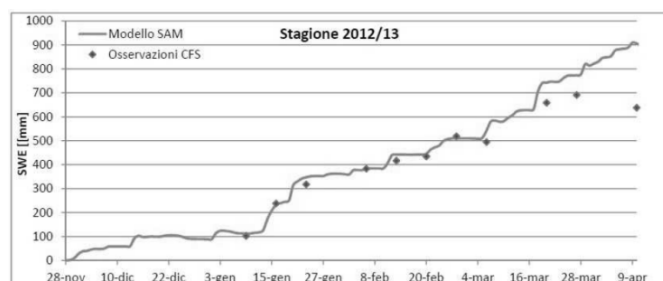


Fig.1 – Confronto osservato/simulato per la stagione 2012/13. La linea continua rappresenta l'andamento temporale dello SWE, i valori puntuali indicano le misure di SWE a terra.

Fig.1- Comparison between measured and simulated SWE in season 2012/13. The line represents the temporal trend of SWE, dots are the observations of SWE.

Il 2013/14 mostra risultati sicuramente meno soddisfacenti (Tab.1): è evidente la tendenza del modello alla sottostima del dato reale. Le maggiori discordanze osservato/simulato si realizzano a partire dalla seconda metà del mese di marzo (Fig.2). Escludendo gli ultimi quattro valori di SWE, il valore del RMSE passerebbe da 127.47 a 60.96, mentre l'indice di Efficienza sarebbe pari a 0.84. La comprensione

della dinamica dello scioglimento simulato erroneamente a metà marzo può avvenire con maggiore chiarezza grazie all'analisi dei singoli contributi del bilancio energetico.

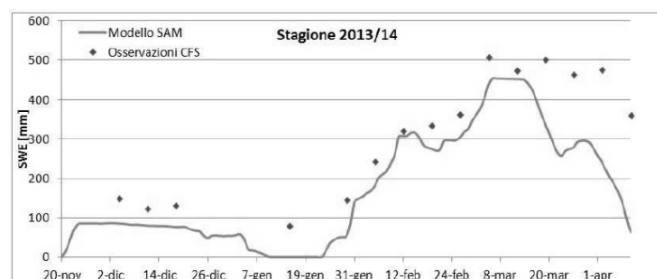


Fig.2 – Confronto osservato/simulato per la stagione 2013/14. La linea continua rappresenta l'andamento temporale dello SWE, i valori puntuali indicano le misure di SWE a terra.

Fig.2- Comparison between measured and simulated SWE in season 2013/14. The line represents the temporal trend of SWE, dots are the observations of SWE.

Tutti i valori assunti dagli indici di errore relativi alla stagione 2014/15 risultano essere molto poco soddisfacenti (Tab.1): il Nash-Sutcliffe negativo e i valori elevati di RMSE e BIAS descrivono una bassa correlazione tra osservato e simulato. Il periodo critico è compreso tra il 10 febbraio e il 09 marzo (Fig.3): l'incremento di SWE di circa 260 mm rilevato dal CFS è maggiore rispetto a quanto simulato dal modello, ovvero 115 mm. Un'attenta analisi del dato pluviometrico cumulato registrato dai sensori riscaldati più prossimi al sito in esame, Pievepelago (1083 m slm) e Cutigliano-Melo (1600 m slm), ha rivelato un problema di sottostima del dato di precipitazione in ingresso. Ciò è giustificato da una serie di errori sistematici nella misura delle precipitazioni di carattere nevoso tali da condurre ad una sottostima della reale grandezza pluviometrica, come l'azione di disturbo aerodinamico sui fiocchi di neve in ingresso al sensore e l'evaporazione indotta dall'apparato riscaldante (Lendvai *et al.*, 2015).



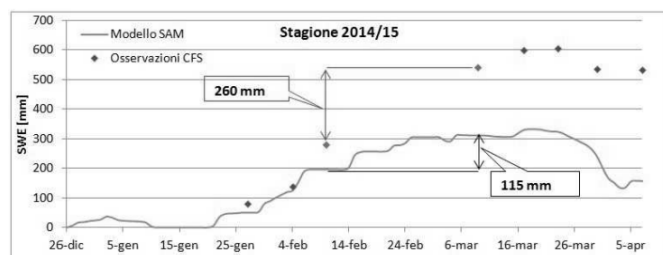


Fig.3 – Confronto osservato/simulato per la stagione 2014/15. La linea continua rappresenta l'andamento temporale dello SWE, i valori puntuali indicano le misure di SWE a terra. Viene evidenziato il differente incremento di SWE nel periodo compreso tra il 10/02/2015 e il 09/03/2015: 260mm il valore osservato, 115 mm quello simulato.

Fig.3- Comparison between measured and simulated SWE in season 2014/15. The line represents the temporal trend of SWE, dots are the observations of SWE. The different increase of SWE between the 10/02/2015 and the 09/03/2015 is highlighted: 260 mm is the observed value, 115 mm is the simulated one.

Tali considerazioni suggeriscono come misure locali di equivalente in acqua possano essere altrettanto utili per un controllo sui dati in ingresso al modello. Nel lavoro di D'Agnese (2015) è stata approfondito il presente studio per comprendere quanto la variabilità di un dato meteorologico in ingresso al modello SAM, in particolare l'intensità di vento, potesse compromettere la bontà della simulazione dei processi di accumulo e scioglimento nevoso in corrispondenza del sito di Sestola. L'analisi rivolta alla stazione anemometrica più prossima al campo neve di Sestola, sita a Fanano - Lago Scaffaiolo, ha messo in evidenza una serie di questioni da approfondire in futuro. In particolare, i flussi di energia termica che avvengono all'interfaccia aria-neve a causa dell'effetto eolico possono risentire della non esaustiva procedura geostatistica di interpolazione della variabile vento sul territorio e della scarsa densità degli anemometri presenti in regione.

## Conclusioni

Questo studio, nonostante abbia validità locale, rivela come le informazioni acquisite durante i rilievi nivometeorologici atti a valutare il pericolo valanghe, possano rappresentare un ottimo strumento di controllo e di analisi di un modello di accumulo e scioglimento nevoso. La frequenza con cui vengono rilevati i dati nivometrici non permette di ottenere delle informazioni dettagliate circa il trend evolutivo dello SWE osservato. La mancanza di un adeguato numero di misure relative al periodo di disgelo primaverile, non consente di comprendere del tutto l'affidabilità del modello nelle circostanze caratterizzate da fenomeni di scioglimento del manto. Inoltre, una maggiore densità della rete di rilevamento meteonivometrico, così come un maggior numero di misure, permetterebbe di condurre delle operazioni di calibrazione dei parametri del modello, e conseguente validazione, a scala regionale. Una non corretta acquisizione dei dati meteorologici in ingresso al

modello può limitarne l'affidabilità. È pertanto necessario un controllo costante sui dati d'input. Le informazioni ottenute dai rilievi nivometrici possono rappresentare uno strumento idoneo per la valutazione dei dati meteorologici in ingresso al modello e per l'analisi di problematiche relative all'acquisizione del dato stesso e alla sua interpolazione sul territorio regionale.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il Corpo Forestale dello Stato - Centro Settore Meteomont di Bologna per aver reso disponibili le informazioni nivometeorologiche utilizzate nel presente studio, e per l'attenta collaborazione in fase di validazione dei dati in esame.

## Bibliografia

- Bittelli M., Tomei F., Pistocchi A., Flury M., Boll J., Brooks E., Antolini G., 2010. Development and testing of a physically based, three-dimensional model of surface and subsurface hydrology. *Advances in Water Resources*, 33: 106-122.
- Brooks E., Boll J., Mc Daniel P. A., 2007. Distributed and integrated response of a geographic information system-based hydrologic model in the eastern Palouse region, Idaho. *Hydrological processes*, 21: 110-122.
- D'Agnese P., 2015. Analisi di un modello distribuito di accumulo e scioglimento nevoso per la stima dello Snow Water Equivalent. Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile. Scuola di Ingegneria e Architettura. Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.
- Lendavi A., Ranzi R., Peretti G., Berbenni F., Praolini A., Urbani S., 2015. Misura delle precipitazioni nevose mediante i pluviometri: Stima degli errori sistematici e correzione delle serie storiche. *Neve e Valanghe*, 84: 12-21.
- Moriasi D.N., Arnold J.G., Van Liew M.W., Bingner R.L., Harmel R.D., Veith T.L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations, *Transactions of the ASABE* 50 (3): 885-900.
- Spisni A., Tomei F., Pignone S., Muzzi E., Panzacchi A., Antolini G., Villani G., Di Lorenzo M., Foraci R., Bittelli M., Brooks E.S., 2011. Snow cover analysis in Emilia-Romagna. *Rivista Italiana di Telerilevamento-Italian Journal of Remote Sensing*, 43 (1): 59-73.

# **NORMALIZZAZIONE DEI DATI DELLA RETE AGROMETEOROLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA IN FORMATO SYNOP BUFR: UN PASSO AVANTI VERSO LO STANDARD WMO DELLA RETE E L'USO DEI DATI NEL CONTROLLO PREVISIONALE**

## *STANDARDIZATION OF DATA COLLECTED BY APULIA REGION AGROMETEOROLOGICAL NETWORK BY ADOPTION OF SYNOP BUFR FORMAT: A STEP FORWARD WMO STANDARDS AND DATA EMPLOYMENT FOR THE VALIDATION OF WEATHER FORECASTING MODELS*

Gennaro Laera<sup>1</sup>, Francesco Schiavone<sup>1</sup>, Angelo Petrelli<sup>1</sup>, Michela Del Prete<sup>2\*</sup>, Erminio Efisio Riezzo<sup>2</sup>, Angelo Parchitelli<sup>2</sup>,  
Mario Zippitelli<sup>2</sup>, Giulio D'Amato<sup>2</sup>, Giuseppe Fuggiano<sup>2,3</sup>, Fabio Coppola<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Associazione Regionale dei Consorzi di Difesa della Regione Puglia, Via Devitofrancesco 2N, 23-25 - 70124 Bari, Italy

<sup>2</sup> Sysman Progetti & Servizi srl, Via Paracadutisti della Folgore, 5 - 70125, Bari, Italy

<sup>3</sup> Aeronautica Militare Italiana – Servizio Meteorologico, Via Pratica di Mare, 45 - 00071 Pomezia, Roma, Italy

\*[m.delprete@sys-man.it](mailto:m.delprete@sys-man.it)

### **Abstract**

Agrometeorological forecast data, such as temperature, humidity, etc., are calculated by physical-mathematical models that simulates the atmospheric circulation. The SAR Puglia uses GRIB data to provide agrometeorological-forecast products. These data are collected by COSMO-ME model, developed by the “Comparto Meteo GSIM-ReSIA/COMET-Pratica di Mare”. Some of these products are: forecast maps obtained from AWI, isolines maps and shade developed by COSMO-ME, agrometeorological bulletins, etc. One of the main problems is the improvement of forecasts reliability. ASSOCODIPUGLIA, with the support of SYSMAN Progetti&Servizi, is arranging a supply chain able to provide data from 54 of 94 weather station (with barometer) available in SYNOP format and decoded in BUFR format (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data). The main advantage of BUFR format will be the possibility of using the SAR data as input of any systems that operates with this standard format. One of the main functions will be that the forecast control system can calculate the “reliability forecast scores” and then make a new calibrated forecast model.

### **Parole chiave**

Previsioni, Synop BUFR, Standard WMO

### **Keywords**

Forecast, Synop BUFR, Standard WMO

### **Introduzione**

La maggior parte dei servizi che l'ASSOCODIPUGLIA (Associazione Regionale Consorzi Difesa Puglia) eroga alla regione, agli enti locali, e al singolo privato, prevedono l'utilizzo delle previsioni meteorologiche.

Dati previsionali del *bollettino agrometeorologico* redatto giornalmente, *mappe previsionali pittoriche* pubblicate sui siti ufficiali, calcolo dei modelli per la *previsione dello sviluppo dei patogeni*, solo alcuni dei servizi che eroga l'area operativa del Servizio Agrometeorologico Regionale Puglia che sono direttamente relazionati con alcune delle grandezze agrometeorologiche previsionali come, ad esempio, la temperatura, il vento, l'umidità, pressione ecc.

ASSOCODIPUGLIA, con il supporto tecnico di SYSMAN Progetti & Servizi, sta predisponendo una catena di processo in grado di rendere disponibili i dati di alcune delle stazioni (quelle dotate di barometro) in formato SYNOP decodificate in formato BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data).

La normalizzazione dei dati della rete agrometeorologica della Regione Puglia in formato SYNOP BUFR permetterà ai sistemi di controllo previsioni di poterle utilizzare per elaborare gli *scores diagnostici* in grado di (1) determinare la *bontà del modello*; (2) ottenere dei *coefficienti di*

*calibrazione del modello*; (3) ricavare un *run sperimentale* calibrato con previsioni più attendibili; utilizzare le previsioni sui prodotti post-elaborati di tipo agrometeo; (4) rendere i dati del SAR a *standard WMO* con immissione di alcune stazioni nel circuito GTS (Global Telecommunication System).

Inoltre, in un'ottica di “*mutual benefit*” tra le parti, permetterà al Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare di avere sulla Regione Puglia una *densità di punti di controllo maggiore* della propria rete osservativa.

### **Materiali e Metodi**

#### Stazioni di Monitoraggio Agrometeorologico della RAR Puglia

La Regione Puglia dispone di una rete RAR (Rete Agrometeorologica Regionale) di 94 stazioni in grado di monitorare le grandezze meteorologiche. Tali stazioni sono state installate e vengono mantenute secondo gli standard dettate dalla WMO (World Meteorological Organization) che fornisce le indicazioni necessarie per il corretto posizionamento e la corretta manutenzione della strumentazione meteorologica.

Per la calibrazione del modello previsionale sono necessari i parametri come *temperatura, pressione, umidità e velocità*

del vento, che descrivono lo stato dell'atmosfera e che permette di fotografare la situazione iniziale; pertanto delle 94 stazioni, il campo si restringe alle 59 stazioni dotate anche di barometro (vedi Fig 1), informazione principale che permette di costruire la griglia di analisi ovvero definire le variabili di inizializzazione del modello matematico. La pressione è uno di quei parametri che influenza maggiormente il modello. I parametri Rilevati dalle Stazioni Fisse sono elencati nella Tab. 1.

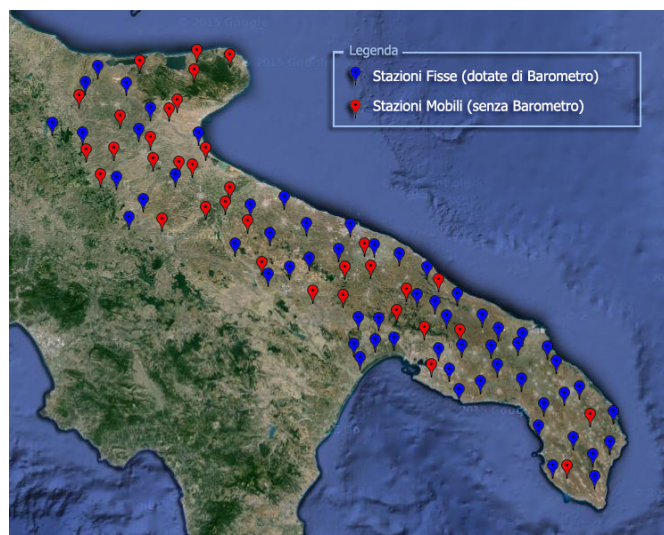


Fig.1 - Distribuzione delle 59 Stazioni Fisse (dotate di barometro) e delle 35 Stazioni Mobili (senza barometro) della Rete Agrometeorologica Regionale

Fig.1 - Distribution of 59 fixed weather stations (with barometer) and the 35 mobile weather stations (without barometer) of Region Agrometeorological Network

Tab.1 - Parametri Rilevati delle 59 Stazioni Fisse della Rete Agrometeorologica Regionale

Tab.1 - Parameters detected of 59 fixed weather stations of Region Agrometeorological Network

14 PARAMETRI RILEVATI
TEMPERATURA 2 M
UMIDITA' RELATIVA 2 M
PLUVIOMETRO
BAGNATURA FOGLIARE
RADIAZIONE SOLARE
VELOCITA' VENTO 3,5 M
VELOCITA' VENTO 10 M
DIREZIONE VENTO 10 M
TEMPERATURA SUPERFICIE SUOLO
TEMPERATURA SOTTOSUOLO -10 CM
TEMPERATURA SOTTOSUOLO -50 CM
UMIDITA' SOTTOSUOLO
PRESSIONE ATMOSFERICA
ELIOFANIA TOTALE

Per poter meglio identificare le stazioni della Rete Agrometeorologica della Regione Puglia che andranno ad alimentare la catena di processo, si è provveduto a eseguire

un'analisi sulla frequenza di campionamento di ogni grandezza e la percentuale dei dati validi del 2015 (Tab. 1).

Tab.2 - Tabella con l'analisi di alcuni dei dati della stazione OPU01 con le percentuali dei dati validi dell'anno 2015

Tab.2 - Tables with the analysis of data from OPU01 station, with the valid data percentage of 2015

Stazione	Grandezza	Frequenza	Dati Validi	Dati Invalidi	Dati Mancanti	% Dati Validi
OPU01	Bagnatura Fogliare	Oraria	8726	0	34	99,6
		Giornaliera	363	0	2	99,5
OPU01	Temperatura a 2m	Oraria	8725	35	1	99,6
		Giornaliera(*)	1088	0	7	99,4
OPU01	Umidità relativa a 2m	Oraria	8725	0	35	99,6
		Giornaliera(*)	1090	0	5	99,5
OPU01	Precipitazione	Ogni 10min	52403	0	157	99,7
		Giornaliera	363	0	2	99,5
OPU01	Vento a 10m	Ogni 10min	52377	0	183	99,7
		Giornaliera(*)	1088	1	7	99,3
OPU01	Direzione vento a 10m	Ogni 10min	52067	312	493	98,5
		Giornaliera	362	0	3	99,2
OPU01	Pressione atmosferica	Oraria	8726	0	34	99,6
		Giornaliera(*)	1091	1	4	99,5
OPU01	Eliofania totale	Oraria	8726	0	34	99,6
		Giornaliera	365	0	0	100,0
OPU01	Radiazione Solare	Oraria	8726	0	34	99,6
		Giornaliera	363	0	2	99,5

(\*) Dato minimo-medio-massimo giornaliero

#### Il BUFR per la codifica Standard dei dati Rilevati dalle Reti non Convenzionali

La collaborazione tra Assocodipuglia e Aeronautica Militare ha già permesso in precedenza la definizione di un protocollo di scambio dati che garantisce all'AM la ricezione di informazioni utili al monitoraggio e all'archiviazione dei dati delle reti non convenzionali.

I dati, provenienti dalle misurazioni della rete Agrometeorologica pugliese, dopo aver subito un processo di validazione, vengono trasferiti verso il Servizio Meteorologico dell'AM nei formati standard CSV, XML e SQL. Questi formati pur essendo aperti e standard non sono applicabili direttamente ai sistemi che elaborano le previsioni meteo.

Con la nuova catena di trattamento, i dati saranno incapsulati in un messaggio BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data) secondo le specifiche dell'edizione 4 (WMO, 2011). Questo passaggio permetterà di superare i problemi di applicabilità in quanto il formato BUFR è uno standard *de facto* per l'interscambio dati a livello internazionale.

La composizione di tale file è guidata secondo opportuni standard di conversione (Fig. 2) che regolano l'unicità dei codici associati ad ogni variabile misurata e l'opportuna unità di misura base per variabile. I dati elaborati e convertiti verranno quindi incapsulati in un unico file BUFR con cadenza oraria (ma può contenere anche i dati delle grandezze con cadenza ogni 10 min) leggibile da

chiunque abbia sistemi predisposti alla lettura di tale formato (ad esempio gli NMS – National Meteorological Service).

Unico dato mancante, obbligatorio per il formato Synop, è l'identificativo OMM della stazione. In questa fase sperimentale, si è scelto di usare un identificativo fittizio coincidente con l'identificativo della Stazione della RAR.

Class 07 – BUFR/CREX Location (vertical)								
TABLE REFERENCE	ELEMENT NAME	UNIT	SCALE	REFERENCE VALUE	DATA WIDTH (Bits)	UNIT	SCALE	DATA WIDTH (Characters)
0 07 001	Height of station	m	0	-400	15	m	0	5
0 07 002	Height or altitude	m	-1	-40	16	m	-1	5
0 07 003	Geopotential	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	-1	-400	17	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	-1	6
0 07 004	Pressure	Pa	-1	0	14	Pa	-1	5
0 07 005	Height increment	m	0	-400	12	m	0	4
0 07 006	Height above station	m	0	0	15	m	0	5
0 07 007	Height	m	0	-1000	17	m	0	6
0 07 008	Geopotential	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	0	-10000	20	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	0	7
0 07 009	Geopotential height	gpm	0	-1000	17	gpm	0	5
0 07 010	Flight level	m	0	-1024	16	ft	-1	5
0 07 012	Grid point altitude	m	2	-50000	20	m	2	7
0 07 021	Elevation	°	2	-9000	15	°	2	5
0 07 022	Solar elevation	°	2	-9000	15	°	2	5
0 07 024	Satellite zenith angle	°	2	-9000	15	°	2	5
0 07 025	Solar zenith angle	°	2	-9000	15	°	2	5
0 07 026	Satellite zenith angle	°	4	-900000	21	°	4	7
0 07 030	Height of station ground above mean sea level	m	1	-4000	17	m	1	5
0 07 031	Height of barometer above mean sea level	m	1	-4000	17	m	1	5
0 07 032	Height of sensor above local ground (or deck of marine platform)	m	2	0	16	m	2	5

(continued)

Nome della Stazione: OPU01 – Altamura  
 Latitudine: 40.92444  
 Longitudine: 16.44777  
 Data: 2016-04-27  
 Ora: 12:00  
 Velocità del vento: 3.4 m/s  
 Direzione del vento: 34°  
 Precipitazione: 3.2 mm  
 Temperatura massima: 291.15 K  
 Temperatura minima: 290.35 K

Fig.2 - Nella tabella (WMO, 2015) in alto sono mostrati i codici con le relative unità di misura in basso, invece, i dati provenienti dalla stazione di riferimento 0 PU01 di Altamura

Fig.2 - In the top table (WMO, 2015) there are the codes with the related unit of measure and on the bottom data collected from the OPU01 station of Altamura

## Risultati e Discussione

### La catena di codifica in BUFR e il sistema VESUS di controllo delle Previsioni

Il controllo delle previsioni e la calibrazione del modello di previsione (Fig. 3) avviene attraverso il sistema *VERSUS* (VERification System Unified Survey). Quest'ultimo è costituito da un complesso insieme di applicazioni software dedicate alle verifiche oggettive dei modelli numerici di previsione meteorologica, al confronto tra modelli utilizzando sofisticati metodi statistici inglobando le osservazioni strumentali rilevate. In questo modo vengono ottenuti sia degli «scores» per usi diagnostici sia dei parametri di tuning e di calibrazione dei modelli matematici

di previsioni che, beneficiando delle correzioni, forniscono previsioni più affidabili.

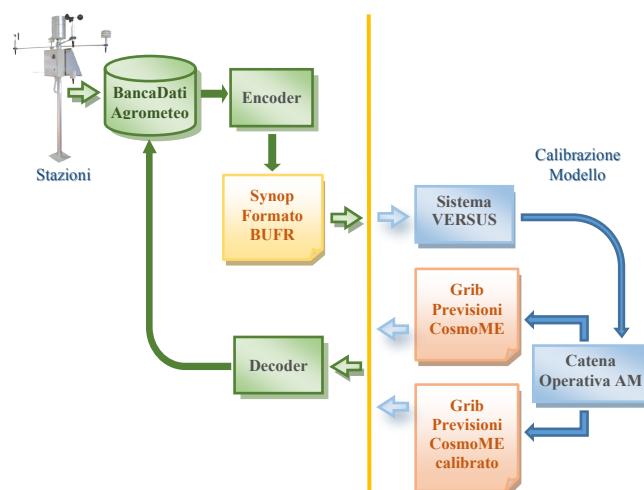


Fig.3 - Utilizzo dei dati della rete RAR per il controllo delle previsioni attraverso il sistema *VERSUS* e run sperimentale calibrato con previsioni *COSMO-ME* più attendibili

Fig.3 - Use of data from RAR network in prediction control through the *VERSUS* system and experimental run calibrated on forecasts

## Conclusioni

Il vantaggio principale derivante dall'uso dei dati misurati dalla rete agrometeorologica della Regione Puglia in formato standard *SYNOP BUFR* e il successivo ricalcolo del modello previsionale risiede nell'incremento dell'attendibilità degli elaborati previsionali rilasciati.

Questo aspetto impatta direttamente sulle azioni e sui servizi che l'Associazione Regionale Consorzi Difesa Puglia (ASSOCODIPUGLIA) eroga alla regione ed agli enti locali. Riassumendo: 1) un controllo previsionale maggiore con una valutazione degli scostamenti tra le previsioni di tipo «sperimentale», il «run» originale e i dati «osservati»; 2) un passo avanti verso lo standard *WMO* di alcune delle stazioni della rete agrometeorologica della Regione Puglia favorendo l'accessibilità dei dati misurati; 3) incremento dell'attendibilità sui dati previsionali nella redazione del *bollettino agrometeorologico* che viene compilato giornalmente; 4) incremento dell'affidabilità relativa alle mappe previsionali pittoriche presenti sui siti ufficiali della Regione Puglia; 5) incremento della precisione del calcolo dei modelli per la previsione dello sviluppo dei patogeni.

## Bibliografia

- WMO, 2011 (update 2015). Manual on Codes International Codes Volume I.1 Annex II to the WMO Technical Regulations, 466 pp.
- WMO, 2015. Tables extracted from the Manual on Codes, Volume I.2, 116 pp.



# STORM TRACK BROWSER: LA NUOVA PIATTAFORMA ALL IN ONE DI NOWCAST E PREVISIONI SHORT TERM

## *THE STORM TRACK BROWSER: THE NEW NOWCASTING-SHORT TERM FORESCAT WEATHER PLATFORM*

Caraccio Paolo<sup>1</sup>, Gabriele Ghibaudo<sup>1</sup>, Cristian Rendina<sup>1</sup>, Michele De Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Datameteo weather provider LRC Servizi Srl via Piave 4/c 12022 Busca ( CN)

<sup>2</sup> Geo-K Srl satellite remote sensing, Via del Politecnico 1, 00133 Roma

<sup>1</sup>[info@datameteo.it](mailto:info@datameteo.it) <sup>2</sup>[info@geok.co](mailto:info@geok.co)

### Abstract

Lo Storm Track Browser è uno dei componenti di MeteoBrowser 2, il nostro nuovo sistema geolocalizzato di distribuzione di contenuti 2D-3D in grado di visualizzare tutti i tipi di informazioni meteorologiche in tempo reale, mappe da modelli meteo ad alta risoluzione, allerte ed avvisi meteo. La grande famiglia dei nostri servizi dati meteo offerti (dati, previsioni, satellite, webcam) si combina in un unico prodotto, altamente personalizzabile, economico ed espandibile con integrate le nuove funzioni di archivio. The Storm Track Browser is one of the component of MeteoBrowser 2, our new 2D-3D geolocated content delivery system that can display all types of real-time weather information, high resolution weather model maps, fire and weather alerts. The extensive family of our weather data services (data, forecast, sat, webcams) offered, is combined into a single web-based product platform.

### Parole chiave:

previsione tracking temporali, piattaforma meteo, precipitazioni convettive, dati meteo, dati satellitari

### Keywords:

storm track forecasting, nowcast, short term forecast, weather interactive platform

### Introduzione

La grande disponibilità in rete di prodotti meteorologici siano essi osservazioni e/o previsioni ha creato la necessità di sistemi di visualizzazione e monitoraggio sempre più completi e complessi, in grado di gestire in modo semplice, immediato ed intuitivo grandi quantità di informazioni rendendole disponibili realtime. In questo contesto nasce Storm Track Browser, applicazione web-based 2D in grado di gestire tramite una innovativa time-line, il tracking in tempo reale delle celle convettive foriere dei temporali. Questa tipologia di informazione può essere integrata con tutti gli altri servizi della nostra filiera meteorologica di prodotti validati (immagini sat, previsioni meteo) e divenire un prodotto personalizzabile secondo il target operativo del cliente.

### Materiali e Metodi

La complessità nel gestire la time-line, cioè le linee del tempo passata o futura che serve a mostrare i contenuti della piattaforma è uno dei punti cardine del progetto. Le distinte risorse hanno tempi di assimilazione ed aggiornamento molto differenti e può capitare che alcune di esse non siano disponibili, per problemi tecnici, creando potenziali disallineamenti nella sovrapposizione dei layers contenenti informazioni meteorologiche. Spesso servizi meteorologici on line di visualizzazione di informazioni non riportano la data ora e la frequenza di aggiornamento delle varie risorse sovrapponibili in una unica visualizzazione, creando un quadro d'insieme con dati non congruenti. Nella progettazione della piattaforma abbiamo tenuto conto di queste problematiche introducendo linee

separate e ridondanti ove prelevare il dato sia esso attuale, immagine satellitare, dato meteorologico, previsione, rendendo nel contempo la piattaforma solida, scalare ed economicamente sostenibile utilizzando tecnologia open-source con strutture server cloud-based.

Particolare attenzione è stata poi posta nel presentare solo risorse meteorologiche provenienti dalla nostra filiera modellistica o che hanno passato una attenta check-list.

Tra i servizi disponibili troviamo lo Storm Track Browser, un innovativo applicativo basato su alcuni particolari canali del satellite Meteosat nello spettro visibile (5,6,9) e nell'infrarosso durante le ore notturne.

Il sistema utilizza i settaggi descritti sotto:

- 7.3-10.8 > 0 : monitoraggio dello sviluppo della base delle nubi
- 6.2-10.8 > 0 : monitoraggio del top delle nubi (Kolios and Feidas, 2010)

Ciò permette il monitoraggio dello sviluppo convettivo delle nubi all'interno di una cella, la sua definizione spaziale e lo stadio suddiviso in aree colorate così come indicate : (**giallo** fase di innesco, **arancione** crescita, **blue** maturazione, **viola** dissipazione).

Con funzionalità su tutto il disco di copertura dei satelliti Meteosat (dalla parte Est del Sud America all'Africa passando per Europa ed Eurasia) ed una altissima frequenza di aggiornamento, (possiamo infatti arrivare ad un update ogni 5-15 minuti dello storm tracking) sfruttando anche l'alta risoluzione dei sensori (1-3 Km) all'infrarosso e

visibile, è possibile monitorare in modo continuo l'evoluzione.

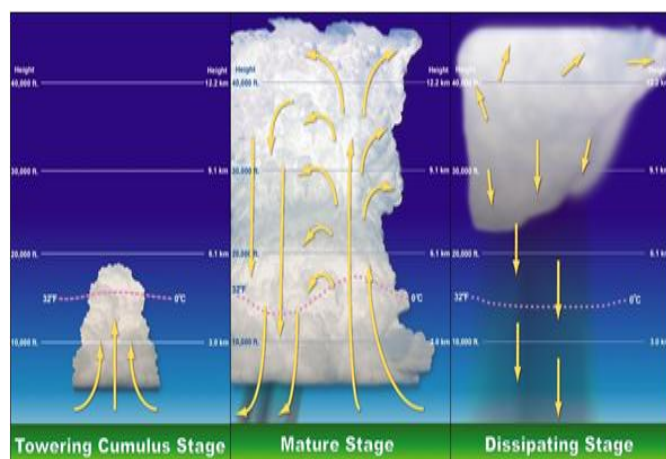


Fig.1– Fase di sviluppo di una nube convettiva (CB)  
Fig.1– Convective clouds development phase (CB)

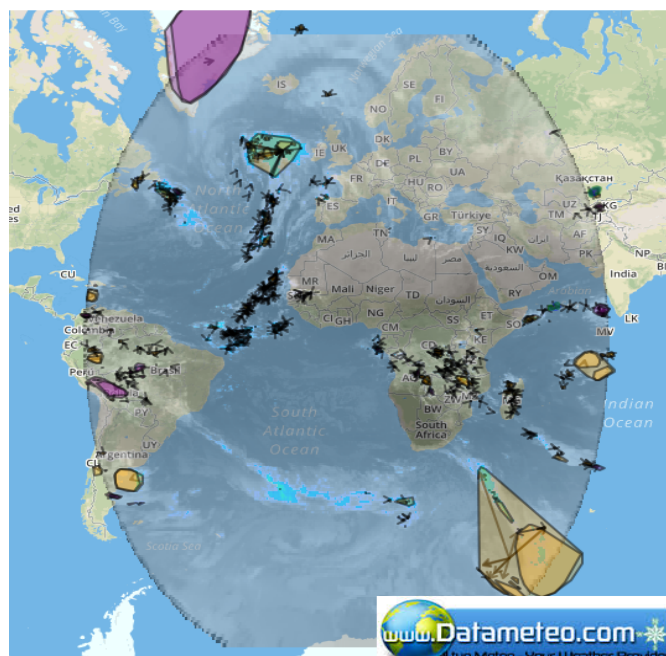


Fig.2–Attuale area di copertura del servizio Storm Track Browser che utilizza i satelliti Meteosat  
Fig.2 Actual Storm Track Browser Area Coverage

L'utilizzo, previa valutazione, è estensibile anche ad altre tipologie di satelliti operanti in altre parti del globo, rendendo di fatto questo strumento utilizzabile, economico e disponibile in ogni parte del mondo.

Le linee tratteggiate blu sono rappresentative per i prossimi 15 minuti di evoluzione delle celle convettive, quelle verdi mostrano la tendenza a 30 minuti. La previsione verrà poi estesa alla prossima ora. Le celle che non presentano le linee tratteggiate hanno una evoluzione che ne prevede presumibilmente la dissipazione entro la prossima elaborazione.

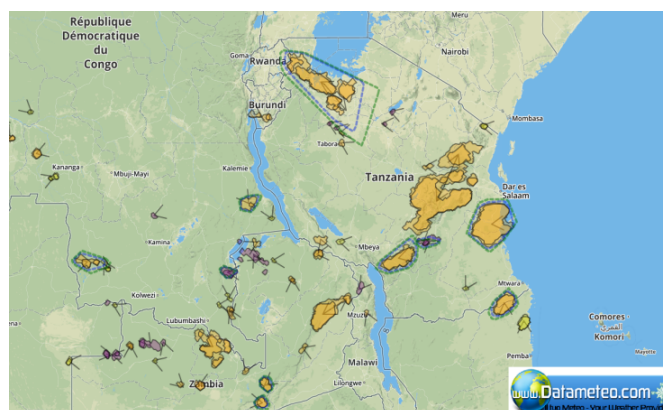


Fig.3- Presentazione del tracking di alcune celle convettive con la loro evoluzione. Tratteggiata troviamo infatti la previsione dell'evoluzione del sistema temporalesco.  
Fig.3- Storm track Browser in action with some t-strom convective clouds detected.

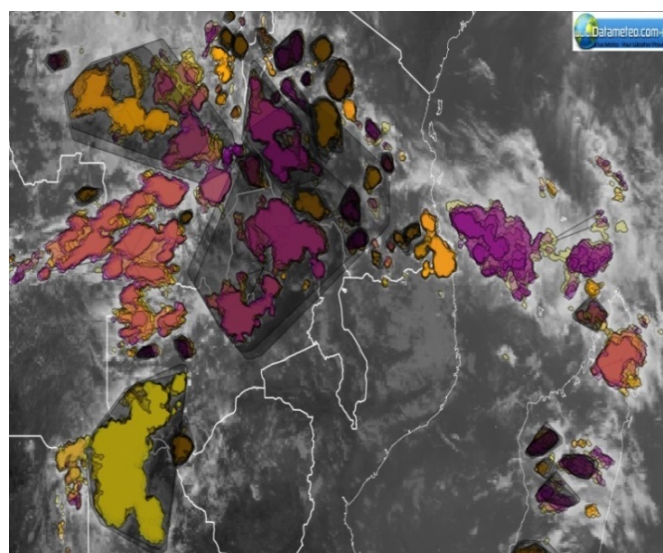


Fig.4– Schermata che rappresenta il layer Storm Track confrontato con l'omologa immagine satellitare della stessa ora.  
Fig 4- Storm Track Browser overlayed with a sat images

Come abbiamo visto il poter disporre di uno strumento versatile, interattivo e sincronizzato permette di aumentare la capacità di analisi, utilizzando strumenti multiplatforma come le immagini satellitari, i dati dei radar meteorologici, delle stazioni meteorologiche o i dati previsionali dei modelli meteorologici ad alta risoluzione

Storm Track Browser infatti può assimilare i dati di reti di terze parti come dati da modello, fulminazioni, radar.

Proprio l'integrazione con reti di rilevamento delle fulminazioni di terze parti ha permesso una estesa campagna di verifica delle prestazioni del sistema che è stata condotta sia in Europa che in Africa al fine di

integrare l'algoritmo con altre fonti meteorologiche che convalidassero o meno la presenza della cella convettiva.

La stringa dati rilasciata dal sensore di rilevamento delle fulminazioni contiene l'ora esatta di arrivo dell'impulso ricevuto dalla scarica del fulmine e l'esatta posizione geografica del ricevitore. Con queste informazioni rilasciate in simultanea da diverse stazioni è possibile triangolare e calcolare le posizioni esatte delle scariche. La precisione della rete è buona e di solito è inferiore a 1 Km.

La tipologia di fulminazione considerata è quella dei fulmini C-G (nube-terra) mentre alcune reti forniscono anche la frazione delle fulminazioni IC (intra-nube) con la relativa altezza, altri elementi molto utili per integrare le informazioni dei canali satellitari ed eliminare i falsi positivi.

Un'altra integrazione molto importante è quella con la nostra filiera modellistica ad alta risoluzione. Datameteo elabora infatti modelli meteorologici a diverse risoluzioni per la totalità della copertura mondiale.

## WORLDWIDE HIGH RESOLUTION WEATHER MODELS

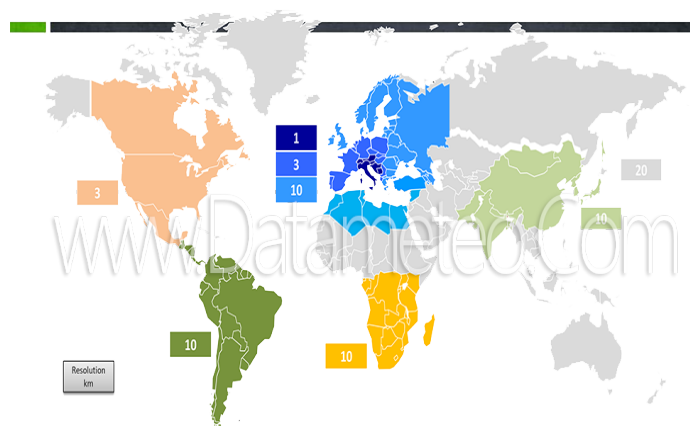


Fig.5- Tabella riassuntiva delle risoluzioni dei modelli meteo utilizzati da Datameteo sui vari domini nel mondo.

Fig.5- Datameteo high resolution weather models area domains in Km.

Come abbiamo visto sinora la piattaforma ha integrato risorse meteorologiche con frequenze di aggiornamento assai diverse come lo sono le varie tempistiche di download ed elaborazione:

Dati satellitari aggiornati ogni 5-15 minuti

Dati di fulminazione aggiornati ogni 1,5, 10 minuti

Dati meteorologici aggiornamento ogni 10-60 minuti

Lo stesso dicasi per le risoluzioni delle varie griglie dati essendo i dati satellitari 1 e 3 Km di griglia a seconda del sensore e della latitudine, con errori di parallasse sulla proiezione a terra. mentre quelli di fulminazione hanno una griglia irregolare con una precisione di localizzazione sotto il Km.

Non da ultimo la risoluzione dei modelli meteorologici varia a seconda dell'area interessata. Al fine infatti di fornire un appropriato standard di qualità della previsione meteorologica le varie risoluzioni sono state tarate al fine di rendere il dato previsionale il migliore possibile, compatibilmente con la quantità di dati disponibili per inizializzare le varie corse modellistiche. Risoluzioni maggiori sono possibili ed auspicabili in aree (Europa, USA) ove più fitte sono le reti di rilevamento meteorologico.

Non vi è praticamente limite alla tipologia di fonti integrabili sulla piattaforma. Lo stesso dicasi esplorando la frontiera della personalizzazione.

Eccone infatti una versione personalizzata e particolare mostrata in figura 5.

L'immagine sotto mostra infatti altri layer personalizzati sovrapponibili tramite selezione a Storm Track Browser.

Vediamo infatti lo stimato precipitativo da satellite sovrapposto all'immagine satellitare della nuvolosità. In evidenza la possibilità per l'utente di tracciare una rotta e/o percorso ed avere l'informazione realtime sia del tempo in atto che della prossima evoluzione.

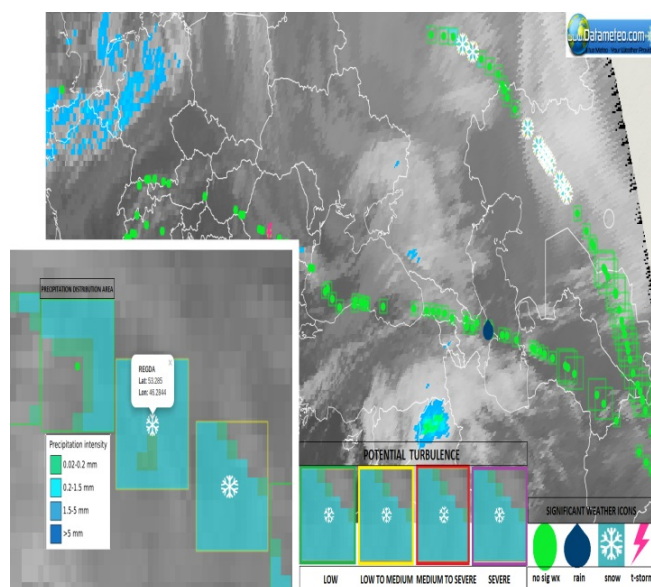


Fig.6- Screenshot di una versione personalizzata che include altri layer oltre allo Storm Track Browser

Fig.6 Storm Track Browser custom version with additional GIS layers

In questo caso il sistema integra personalizzato:

- **Storm Track Browser layer ogni 15 min,**
- **Nuvolosità da satellite layer ogni 15 min,**
- **Aree con potenziale turbolenza prevista,**
- **Fenomeno meteo rilevante in corso/previsto,**
- **Distribuzione significativa della precipitazione**



In modo semplice, immediato ed intuitivo è possibile individuare punti critici sul percorso con icona meteo che differisce da quella verde che indica nessun fenomeno significativo presente

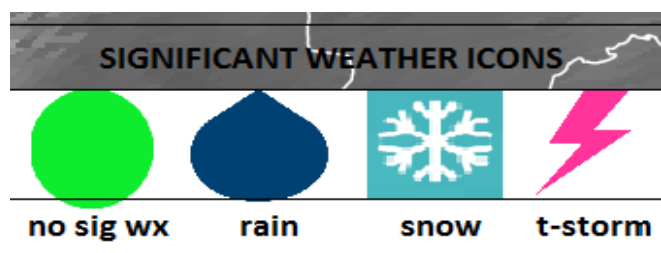


Fig.7– Screenshot che mostra le icone del fenomeno meteorologico rilevante

Fig.7 This screenshot shows the significant weather icon detail for this custom Storm Track Browser

L'utilizzo poi dei modelli meteorologici ad alta risoluzione permette di ottenere indicazioni previsionali sulla possibile potenziale turbolenza.

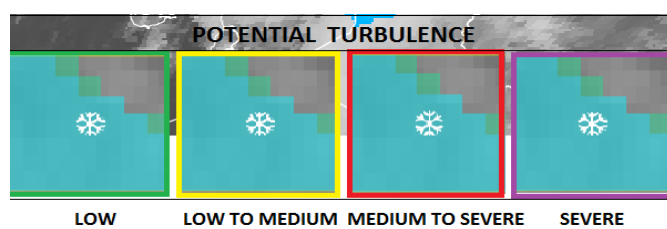


Fig.8– Screenshot che mostra la scala della possibile turbolenza potenziale.

Fig.8 This screenshot shows the potential turbulence scale applied at this custom Storm Track Browser

## Risultati e Discussione

Come abbiamo visto questa personalizzazione ha interessato layers con risorse meteorologiche molto differenti tra di loro sia come sorgenti che come tempi di aggiornamento.

Il flusso satellitare SAT basato sul Meteosat 8 è a risoluzione costante.

Un altro aspetto da esaminare è poi l'omogeneità delle varie risorse sull'area in oggetto. Nell'esempio il percorso tracciato attraversa vari stati di due continenti modellizzati con tre risoluzioni diverse: 20 Km la Russia asiatica, 10 Km la porzione europea e 3 Km l'area finale in Europa centrale. Il modello meteorologico tiene però conto di altre risorse utilizzate per la calibrazione di alcuni parametri al suolo quali:

- **MOS** (Model Output Statistic) correzione statistica applicata se sul punto considerato è presente una stazione meteorologica con dati meteo validati con aggiornamenti orari
- **RADAR** se il punto considerato è sotto la copertura della rete di rilevamento radar meteo e se è disponibile il dato di riflettività, lo stesso può

essere ricondotto a stima precipitativa, con aggiornamenti ogni 15 minuti.

Questi dati atualizzano ed eventualmente correggono possibili discrasie dell'emissione modellistica con refresh della previsione a livello puntuale e aggiornamenti short-term, cioè a breve termine, validi per le ore successive.

In particolare in questo caso analizziamo la distribuzione della precipitazione nell'intorno del punto considerato che presenta una visualizzazione basata su di una intuitiva scala di colori

Mentre la temperatura dell'aria, la pressione atmosferica ed in parte anche la velocità del vento ottengono miglioramenti evidenti con l'applicazione di calibrazioni statistiche, per la precipitazione tali approcci rischiano di essere deleteri.

L'unico correttivo efficace può essere apportato dall'integrazione del dato radar mentre sono allo studio calibrazioni della precipitazione sfruttando il vapore acqueo e la sua stima prodotta da sensori GPS al suolo o a bordo dei satelliti di nuova generazione.

Conosciuti i limiti di ogni risorsa meteorologica e la sua sincronizzazione in una time-line integrata apprezziamo il vero fiore all'occhiello della piattaforma la capacità di:

- ✓ **Aggiornamento e sincronizzazione realtime di tutte le risorse meteorologiche**

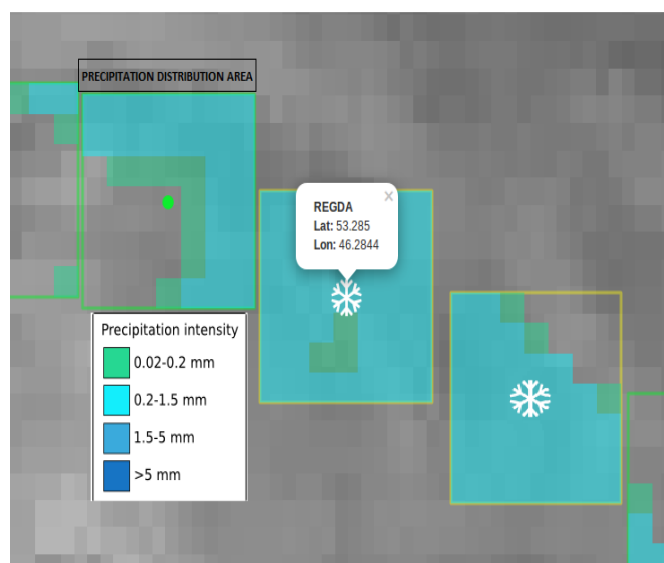


Fig.9– Screenshot che mostra la distribuzione della precipitazione nelle vicinanze del punto considerato. La risoluzione dell'intorno della griglia considerata cambia a seconda della risoluzione modellistica operativa sull'area considerata.

Fig.9 This screenshot shows the precipitation amount distribution around a certain location. These data are extracted on the fly realtime by the weather model chain. The square area considered can vary keeping account of the high resolution weather model area domain.



## Conclusioni

Riassumiamo:

- Piattaforma Meteo All in One web-based su piattaforma cloud a garanzia di raggiungibilità e prestazioni
- Aggiornamento Realtime delle fonti on click
- Integrabilità i dati di terze parti
- Scalabilità di utilizzo e sistema anche con sistemi API di prelevamento dei layer o personalizzazione dei contenuti per essere inclusi in modo sicuro su siti/piattaforme di terze parti

## Bibliografia

*Busacca S. (2013)* Hail Forecasting in Italy: A validation to a model approach

*De Rosa M. (2015)* Tracking of thunderstorms based on the Meteosat Second Generation images.

*Fierro (2012)* A cloud-scale lightning data assimilation technique implemented within the WRF-ARW model.

*Falco A, Rendina C, Gabriele G. (2016)* Meteobrowser 2 Interactive weather platform user manual

*Kolios S, Feidas H. (2010)*. A warm season climatology of mesoscale convective systems in the Mediterranean basin using satellite data. Theor. Appl. Climatol. 102: 29–42.

# ANALISI DELL'EVOLUZIONE DEI FABBISOGNI IRRIGUI NETTI DELL'OLIVO IN ABRUZZO IN BASE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

## EVOLUTION ANALYSIS OF OLIVE IRRIGATION REQUIREMENTS IN ABRUZZI ACCORDING TO CLIMATE CHANGE

Bruno Di Lena<sup>1</sup>, Enrico Maria Lodolini<sup>2</sup>, Vania Lanari<sup>2</sup>, Oriana Silvestroni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Regione Abruzzo - Dipartimento Politiche dello Sviluppo Rurale e della Pesca - Centro Agrometeorologico Regionale - Scerni (Ch)  
([bruno.dilena@regione.abruzzo.it](mailto:bruno.dilena@regione.abruzzo.it))

<sup>2</sup>Università Politecnica delle Marche - Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Ancona (An)

### Abstract

Recent community legislations, that will be applied with the new PSR 2014-2020, assign an important role to saving water in agriculture in order to reduce waste and to limit the negative nitrate leaching effects. These objectives were set in an environment characterized by climate changes that affected the European continent, for which mitigation and adaptation strategies are suggested. This study, analyzes the olive irrigation requirements in three locations of the Abruzzi region coastal-hills during the period 1951-2015 assuming different soils and irrigation strategies based on the regulated water deficit.

**Parole chiave:** olivo, irrigazione, regione Abruzzo

**Keywords:** olive tree, irrigation, Abruzzo region

### Introduzione

La coltura dell'olivo riveste una notevole importanza economica nella regione Abruzzo con una superficie pari a circa 43.000 ettari (Istat - 6° censimento dell'agricoltura, anno 2010), distribuita prevalentemente nella fascia collinare litoranea.

L'apporto di acqua incide positivamente sulla capacità produttiva dell'olivo e sulle componenti della produzione (Gucci, 2012) e l'effetto è tanto maggiore quanto più marcata è la domanda evapo-traspirativa dell'ambiente.

Tuttavia, non è necessario apportare tutto il fabbisogno idrico colturale attraverso l'irrigazione, ma è possibile utilizzare strategie di deficit controllato con effetti produttivi e qualitativi comparabili alla piena irrigazione (Gucci *et al.*, 2007 e 2009, Servili *et al.*, 2007), con il vantaggio di una maggiore sostenibilità della coltura. Una delle strategie è quella che prevede la minore somministrazione di acqua durante tutta la stagione irrigua (D'Andria *et al.*, 2004). In particolare, per condizioni climatiche simili a quelle dell'Abruzzo, una riduzione al 66% del fabbisogno idrico colturale sembra non comportare diminuzioni significative della produzione rispetto ad alberi pienamente irrigati.

### Materiali e Metodi

Lo studio climatologico sui fabbisogni irrigui netti dell'olivo è stato eseguito utilizzando i dati termo-pluviometrici giornalieri rilevati dal Servizio Idrografico Regionale. Sono state impiegate le serie storiche dal 1951 al 2015 per le località di Scerni e Chieti, mentre per la località di Penne la serie storica non presentava gli ultimi due anni (Fig. 1). I dati sono stati sottoposti ai controlli di consistenza interna e persistenza temporale prima di essere impiegati per i successivi calcoli.

I fabbisogni irrigui netti dell'olivo nelle diverse località sono stati determinati attraverso un bilancio idrico semplificato a scansione giornaliera applicato, per ciascun anno della serie storica, nel periodo 1° aprile-30 settembre. La stima delle variazioni del contenuto idrico è stata effettuata considerando uno strato di suolo pari a 1 metro, in condizioni di capacità di campo a inizio bilancio (1° aprile). L'acqua eccedente la capacità di campo è stata considerata persa per percolazione.

L'evapotraspirazione massima della coltura, unica voce passiva del bilancio idrico, è stata determinata con la seguente equazione:

$$Etc = Eto \times Kc \times Kr$$

dove:

Eto = evapotraspirazione di riferimento in mm al giorno

Kc = coefficienti colturali mensili

Kr = coefficiente di copertura del suolo da parte della chioma considerato pari a 1 ipotizzando una percentuale superiore al 50% (Feres *et al.*, 1981).

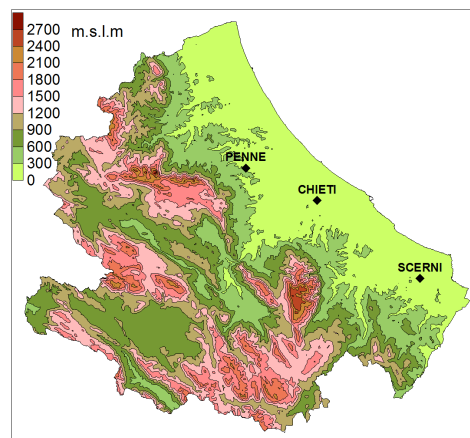


Fig. 1 - Localizzazione delle stazioni

Fig. 1 - Geo-localization of the climatic stations

L'evapotraspirazione di riferimento è stata determinata con la formula di Hargreaves (Hargreaves, 1994). Sono stati considerati i seguenti coefficienti colturali mensili per un suolo lavorato: aprile = 0,65, maggio-giugno = 0,55, luglio-agosto = 0,50, settembre = 0,55 (Gucci, 2012). Le irrigazioni sono state determinate in automatico dal bilancio idrico quando la riserva idrica scendeva nel suolo al di sotto del 75% dell'acqua disponibile (Orgaz e Fereres, 1997). Le tipologie di suolo considerate sono riportate nella tabella 1.

Tab. 1 - Tipi di suolo utilizzati nel bilancio idrico.

Tab. 1 - Soils used in the water balance calculations.

Suolo	Capacità di campo %vol.	Punto di appassimento %vol.
Franco-Sabbioso	21	9
Franco	31	14
Argilloso-Limoso	40	20

Le piogge inferiori a 5 mm non sono state considerate ai fini del bilancio idrico, mentre per quelle superiori a tale soglia è stata utilizzata una percentuale pari all'80% (Gucci, 2012). I volumi irrigui netti giornalieri sono stati determinati mantenendo il contenuto idrico del suolo tra il 25% e il 30% dell'acqua disponibile e poi sono stati ridotti per l'intero periodo aprile-settembre in modo da restituire il 66% del fabbisogno irriguo netto della coltura (D'Andria *et al.*, 2004). Gli apporti idrici di falda non sono stati considerati. Sono state calcolate le statistiche descrittive dei fabbisogni irrigui netti (mediana, 25 e 75° percentile, minimo e massimo). Il test non parametrico di Mann-Kendall è stato utilizzato per valutare i trend stagionali dei fabbisogni irrigui netti, mentre la pendenza delle rette interpolanti i dati ( $\beta$ ) è stata calcolata con lo stimatore non parametrico Theil-Sen (Theil, 1950; Sen., 1968). Per l'applicazione del test di Mann-Kendall e per il calcolo dello stimatore non parametrico Theil-Sen sono state impiegate rispettivamente le librerie "Zyp" e "summary Kendall" contenute nel software R (<http://www.r-project.org>). La presenza di discontinuità delle serie storiche è stata analizzata utilizzando l'algoritmo di analisi del "chance point" presente nella libreria Struccange del Software R (<http://www.r-project.org>).

## Risultati

Le stazioni di Scerni e Chieti presentano caratteristiche termopluviometriche simili mentre quella di Penne si distingue per le maggiori escursioni termiche, dovute alle temperature minime più basse, e per la maggiore piovosità nel periodo primaverile-estivo (dati non mostrati).

In quest'ultima località, i fabbisogni irrigui netti per l'olivo sono risultati sempre inferiori a quelli degli altri due siti e in qualsiasi tipo di suolo (Tab. 2). In particolare, se consideriamo il 75° percentile, sono risultati più bassi di circa il 14-20% rispetto alla stazione di Chieti e di circa il 28-36% rispetto alla stazione di Scerni.

Il test di Mann-Kendall non ha evidenziato trend significativi per quanto riguarda le serie storiche dei fabbisogni irrigui netti dell'intera stagione irrigua (aprile-settembre, Tab. 3).

La stazione di Chieti, tuttavia, è stata caratterizzata dalla presenza di punti di discontinuità nelle serie storiche, con un brusco aumento intorno agli anni '80, e una significativa diminuzione nell'ultimo periodo (Fig. 2). Il primo fenomeno potrebbe essere connesso all'incremento termico dovuto all'aumento dell'indice NAO (Nord Atlantic Oscillation) nel continente europeo (Werner *et al.*, 2000).

Le date di inizio della stagione irrigua si collocano mediamente nel mese di giugno per il suolo sabbioso, e nel mese di luglio per le altre tipologie. Esse risultano più ritardate nella località di Penne a causa delle condizioni climatiche più fresche. Gli scarti rispetto ai siti di Chieti e Scerni risultano rispettivamente pari a 9 e 14 giorni in condizioni di suolo franco-sabbioso, 5 e 17 giorni per il suolo franco e 9 e 16 giorni in quello argilloso-limoso. L'evoluzione delle date nei diversi periodi mette in risalto una maggiore stabilità nella località di Scerni a partire dal periodo relativo all'intervallo 1977-1989, mentre nella località di Penne si rileva un posticipo della data di inizio stagione irrigua a partire dal periodo 1964-1976, mentre nella zona di Chieti è stato osservato un ritardo della stagione irrigua solo nell'ultimo arco temporale considerato nello studio e corrispondente all'intervallo 2003-2015 (Tab.3).

Tab.2 - Statistiche descrittive dei fabbisogni irrigui netti dell'olivo in tre località dell'Abruzzo (elaborazione su dati rilevati dal Servizio Idrografico Regionale).

Tab.2 - Descriptive statistics of the net irrigation requirements for the olive in three sites in Abruzzi Region (data sets elaboration of the Regional Hydrographic Service).

Suolo		Fabbisogno irriguo netto (mm)		
		Scerni	Chieti	Penne
Franco-sabbioso	25° percentile	74	42	39
	Minimo	0	0	0
	Mediana	103	83	69
	Massimo	183	197	146
	75° percentile	128	107	92
Franco	25° percentile	50	18	16
	Minimo	0	0	0
	Mediana	79	60	46
	Massimo	160	171	122
	75° percentile	104	82	69
Argilloso-limoso	25° percentile	36	7	3
	Minimo	0	0	0
	Mediana	67	49	30
	Massimo	148	163	105
	75° percentile	90	72	58

Tab.3- Test di Mann-Kendall applicato alle serie storiche dei fabbisogni irrigui netti dell'intera stagione aprile-settembre

Tab.3- Mann-Kendall's test applied to the data set of the net irrigation requirements in the period April-September.

Suolo				
		Scerni	Chieti	Penne
Franco-sabbioso	$\beta$	-0,32	0,23	-0,43
	p value	0,27	0,46	0,14
	sign	ns	ns	ns
Franco	$\beta$	-0,34	0,17	-0,36
	p value	0,26	0,45	0,16
	sign	ns	ns	ns
Argilloso-limoso	$\beta$	-0,50	0,06	-0,22
	p value	0,20	0,37	0,13
	sign	ns	ns	ns

Tab.4 - Date di inizio della stagione irrigua nelle diverse località e tipologie di suolo.

Tab.4 - Starting dates of irrigation seasons in different locations and soils.

	1951 1963	1964 1976	1977 1989	1990 2002	2003 2015	Media 1951 2015
<b>Scerni</b>						
Franco sabbioso	19/6	4/6	16/6	16/6	19/6	15/6
Franco	29/6	22/6	10/7	7/7	10/7	3/7
Argilloso limoso	13/7	9/7	16/7	18/7	16/7	14/7
<b>Chieti</b>						
Franco sabbioso	3/7	23/6	18/6	9/6	15/7	25/6
Franco	28/7	8/7	14/7	26/6	31/7	15/7
Argilloso limoso	4/8	21/7	29/7	4/7	21/7	21/7
<b>Penne</b>						
Franco sabbioso	23/6	10/6	29/6	14/7	8/7	29/6
Franco	17/7	6/7	18/7	31/7	27/7	20/7
Argilloso limoso	30/7	12/7	5/8	13/8	1/8	30/7

Le variazioni climatiche registrate nell'arco temporale 1951-2015 sembrano aver influito sulla distribuzione degli interventi irrigui nei diversi mesi del periodo irriguo (aprile-settembre). In particolare si è notata una maggiore necessità del ricorso alla pratica irrigua nel mese di settembre: la percentuale di anni senza apporti idrici in questa fase del ciclo vegetativo è sensibilmente scesa nel periodo 2003-2015 (Figg. 3-5). Tale fenomeno è risultato più evidente per i suoli franco-sabbioso e franco, nei quali la percentuale era inferiore al 20%, o di poco superiore, come nel caso del suolo franco della località di Chieti.

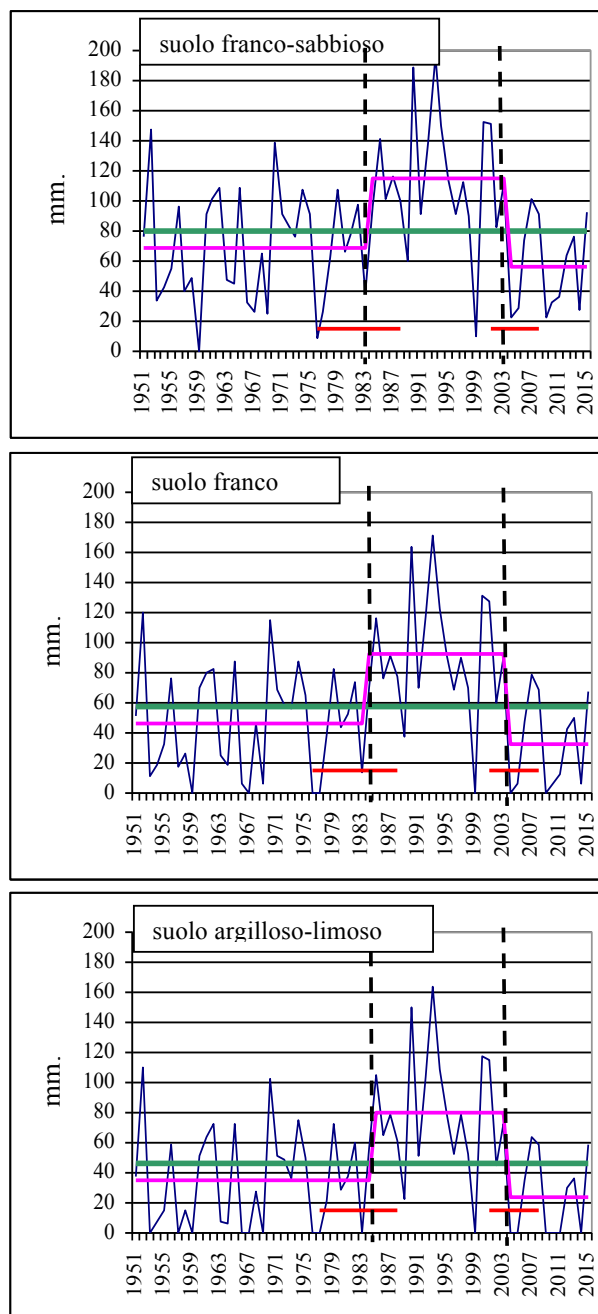


Fig. 2 - Analisi del "chance point" applicata ai fabbisogni irrigui netti dell'intera stagione aprile-settembre (Chieti). Le linee tratteggiate verticali indicano i punti di discontinuità, quelle orizzontali rosse indicano gli intervalli di confidenza (90%) e quelle orizzontali fucsia le medie dei periodi.

Fig. 2 - "Chance point" analysis applied to the net irrigation requirements of the period April-September (Chieti). Vertical dotted lines indicate the discontinuity points, the horizontal red ones the confidence intervals (90%) and the purple horizontal ones the mean of the periods.

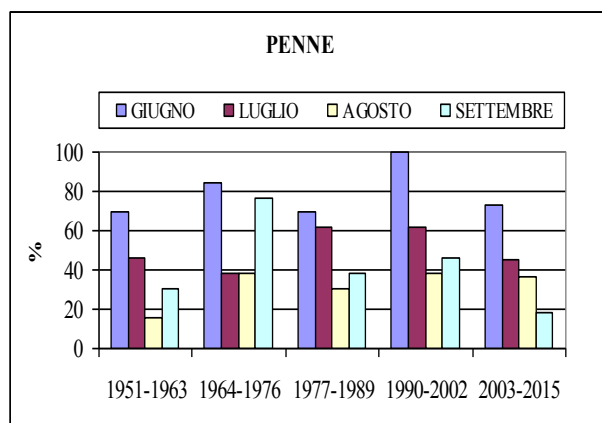
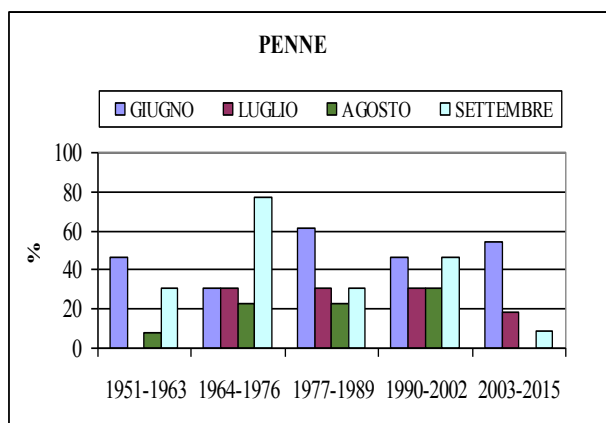
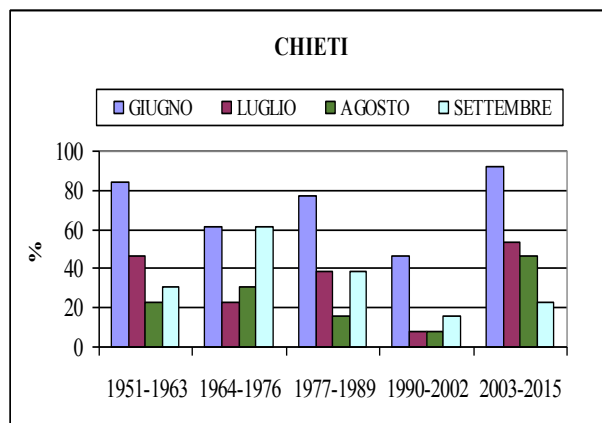
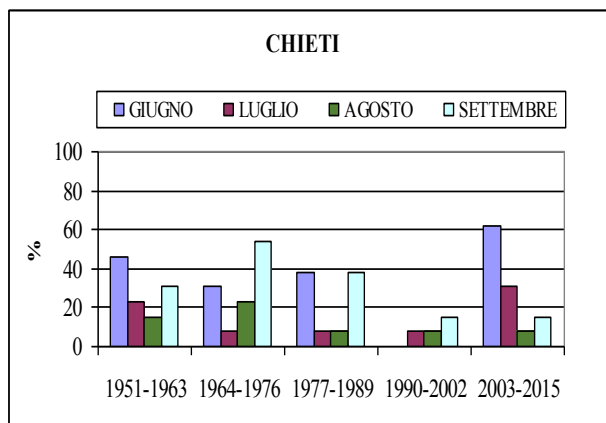
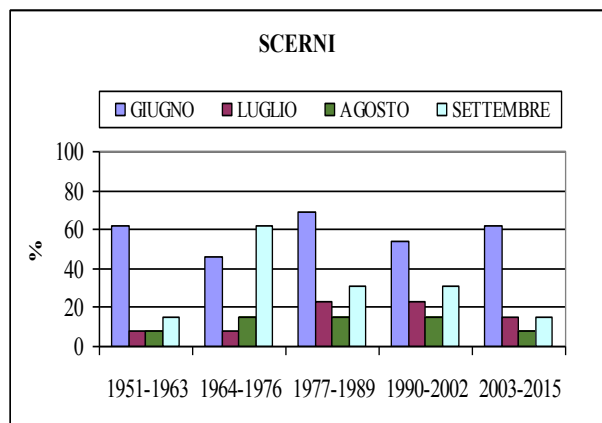
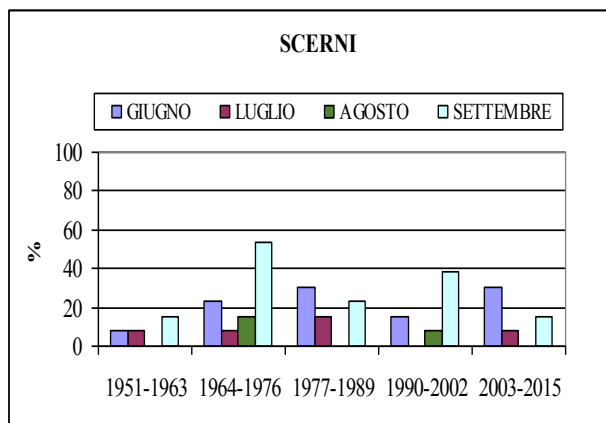


Fig. 3 - Percentuale di anni in cui gli interventi irrigui risultavano non necessari nei diversi mesi per il suolo franco-sabbioso.

Fig. 3 - Percentage of years when irrigation was not necessary in each single month for the sandy-loam soil.

Fig.4 - Percentuale di anni in cui gli interventi irrigui risultavano non necessari nei diversi mesi per il suolo franco.

Fig.4 - Percentage of years when irrigation was not necessary in each single month for the loam soil.

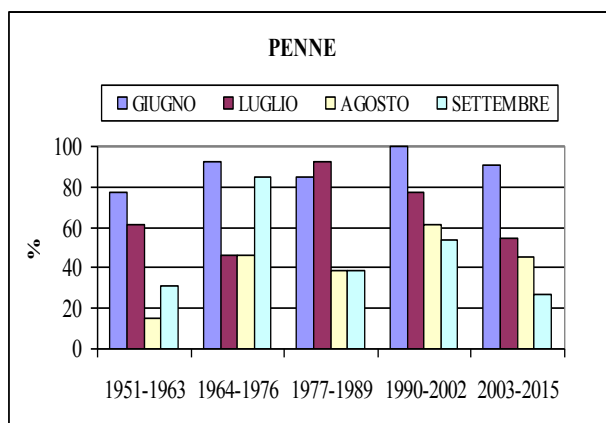
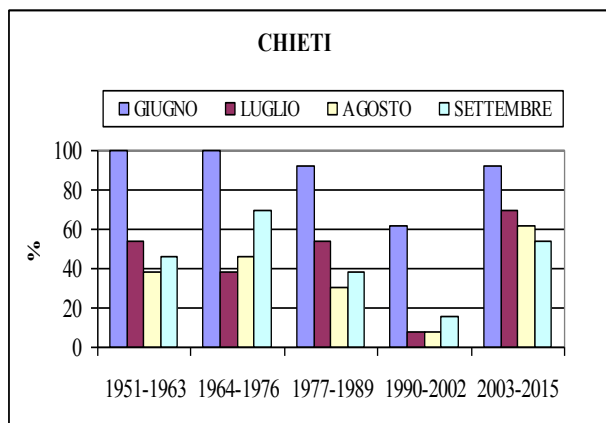
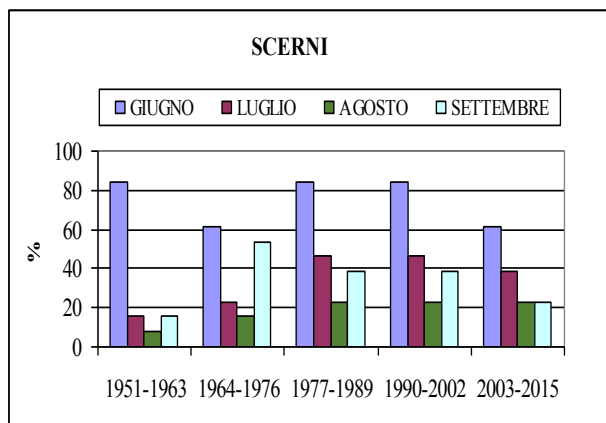


Fig.5 - Percentuale di anni in cui gli interventi irrigui risultavano non necessari nei diversi mesi per il suolo argilloso-limoso.

Fig.5 - Percentage of years when irrigation was not necessary in each single month for the clayly-silty soil.

## Conclusioni

Le esigenze irrigue dell'olivo nella regione Abruzzo possono essere soddisfatte con volumi irrigui contenuti nell'ottica della migliore utilizzazione della risorsa idrica.

Nel corso dell'arco-temporale 1951-2015 non sarebbero emersi trend significativi per quanto riguardano i fabbisogni irrigui netti nel periodo aprile-settembre.

Gli effetti delle variazioni climatiche sembrano essersi manifestati nella diversa distribuzione degli interventi irrigui nel corso della stagione vegetativa con una tendenza alla maggiore necessità di irrigare nel mese di settembre soprattutto nelle tessiture dei suoli più grossolane.

## Bibliografia

- Theil H., 1950. A rank-invariant method for linear and polynomial regression analysis, I, II ,III. Nederlandse Akademie wetenschappen. 53, pp 386-392, 521-525, 1397-1412.
- Sen P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association. 63, 1379-1389.
- Fereres E., Pruitt W.O., Betuel J.A., Henderson D.W., Holzapel E., Shulbach H., Uriu K., 1981. Et and drip irrigation schedulino. In Fereres E. (ed) Drpi irrigation management. Univ. Of california. Div of agric. Sci n° 21529 8-13
- Hargreaves G. H., 1994. Defining and using reference evapotranspiration. ASCE journal of irrigation drainage engineering, 120: 1132-1139
- Orgaz F., Fereres E., 1997. Riego. In Barranco D., Fernández-Escobar R., Rallo L. (ed): El cultivo del olivo, 261-280
- Werner, P. C., Gerstengarbe F.W., Fraedrich K, Oesterle K., 2000. Recent climate change in the North Atlantic/European sector, International Journal of Climatology, Vol. 20, Issue 5, 2000: 463-471.
- d'Andria, R., A. Lavini, G. Morelli, M. Patumi, S. Terenziani, D. Calandrelli, and F. Fragnito., 2004. Effect of water regimes on five pickling and double aptitude olive cultivars (*Olea europaea* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 79:18-25.
- Servili M, Esposto S, Lodolini E M., Selvaggini R, Taticchi A, Urbani S, Montedoro GF, Serravalle M, Gucci R. 2007. Irrigation effects on quality, phenolic composition and selected volatiles of virgin olive oil cv. Leccino. J. Agric.Food Chem. 55: 6609-6618.
- Gucci R., Lodolini E.M., Rapoport H.F., 2007. Productivity of olive trees with different water status and crop load. Journal of Horticultural Science & Biotechnology (2007) 82 (4) 648-656
- Istat. 2010. 6° censimento dell'Agricoltura
- Gucci R., (2012), Irrigazione – Collana divulgativa dell'Accademia Nazionale dell'Olio e dell'olio – Volume IX

# L'ATLANTE ITALIANO DEL CLIMA E DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI A SUPPORTO DELL'AGROMETEOROLOGIA

## ITALIAN ATLAS OF CLIMATE AND CLIMATE CHANGE AS SUPPORT FOR AGROMETEOROLOGY

Stanislao Esposito<sup>1\*</sup>, Maria Carmen Beltrano<sup>1</sup>, Flora De Natale<sup>1</sup>, Edmondo Di Giuseppe<sup>3</sup>, Luigi Iafrate<sup>1</sup>, Angelo Libertà<sup>2</sup>,  
Barbara Parisse<sup>1</sup>, Massimo Scaglione<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CREA - CMA – Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Unità di ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura, via della Navicella 2-4 - 00184 Roma

<sup>2</sup> SIN S.p.A. – Sistema Informativo Nazionale per lo sviluppo dell'agricoltura, via Curtatone, 4/D - 00185 Roma

<sup>3</sup> CNR – IBIMET - National Research Council, Institute of Biometeorology, via dei Taurini 19 - 00185 Roma

\*[stanislao.esposito@crea.gov.it](mailto:stanislao.esposito@crea.gov.it)

### Abstract

The Atlas of Italian Climate and Climate Change aims at offering an overall and updated framework of the Italian climate during the last half-century (1961-2010). The paper shortly illustrates the approaches followed for climate and climate change analysis and mapping (in terms of data sources, spatial estimation methods and standard adopted) and the outputs presented in the Atlas. This volume is comprised of 150 maps, graphs and tables that show the spatial distribution of the major climatic elements, including several agrometeorological and climate change indexes, with reference to three 30 year periods: 1961-1990, 1971-2000 and 1981-2010. Although partially overlapped, the comparison of these periods provides an indication on the current trends. A special attention has been paid to the agrometeorological aspects, making the Atlas also a tool suitable for applications in agriculture.

### Parole chiave

Atlante climatico, cambiamenti climatici, indici agroclimatici, mappe climatiche, geostatistica

### Keywords

Climatic atlas, climate change, agroclimatic indices, climatic maps, geostatistics

### Introduzione

L'intensificarsi di eventi meteorologici estremi ha accresciuto la consapevolezza che i cambiamenti climatici non sono fenomeni remoti, ma rappresentano elementi in grado di generare incertezza nelle attuali attività socio-economiche.

In tale contesto, la conoscenza delle caratteristiche climatiche del territorio nazionale, nei suoi diversi aspetti, costituisce una base informativa di grande interesse per comprendere le tendenze in atto e supportare i processi decisionali in tutti i settori dell'economia, consentendo di ridurre i rischi ambientali legati alle modificazioni del clima.

Uno strumento fondamentale per queste finalità è dato dalla rappresentazione cartografica del clima attuale che deve essere quanto più possibile completa e aggiornata.

In passato, un progetto specifico, finalizzato alla realizzazione di un Atlante climatico per l'Italia, fu presentato dal geografo Alberto Mori al XVIII Congresso Geografico Italiano, svoltosi a nel 1961, ma non fu realizzato (Mori, 1962).

La lacuna di un vero e proprio atlante climatico nazionale è stata parzialmente colmata, a partire dagli anni novanta del secolo scorso da alcuni atlanti climatici regionali e dall'*Atlante climatico d'Italia: 1971-2000*, realizzato dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (2008), che tuttavia non può essere considerato un vero e proprio atlante, trattandosi di elaborazioni di dati meteorologici

rilevati nelle diverse stazioni.

A quest'ultima opera si è affiancata anche la recente pubblicazione dell'ISPRA, nella quale sono pubblicati i valori normali mensili e annuali di temperatura media, minima e massima e di precipitazione cumulata, riferiti a singole stazioni e a diversi periodi climatologici, e alcune mappe climatiche a scala nazionale di temperatura e precipitazione rispettivamente per i periodi 1961-1990 e 1951-1980 (Desiato et al., 2015).

Un ulteriore sviluppo nella descrizione del clima italiano è rappresentato dall'*Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici* che, in quadro organico e aggiornato, illustra le principali grandezze meteorologiche del nostro Paese e diversi indici climatici e agroclimatici e le loro variazioni, presentandole sotto forma di mappe, grafici e tabelle con riferimento al cinquantennio 1961-2010.

L'Atlante, ricollegandosi idealmente al progetto del Mori, si affianca alle diverse rappresentazioni climatiche realizzate a livello regionale e a quelle nazionali già redatte, differenziandosi da queste ultime, in quanto non si limita ad analisi di serie meteorologiche riferite a singoli siti di rilevamento, ma si basa su rappresentazioni cartografiche di informazioni spazializzate.

Il volume, realizzato nell'ambito del progetto "Agroscenari- Scenari di adattamento dell'agricoltura italiana ai cambiamenti climatici", offre un ampio quadro conoscitivo di riferimento del clima e delle tendenze in atto



in Italia nel cinquantennio 1961-2010, presentando la distribuzione e la variabilità spazio-temporale delle principali grandezze meteorologiche e di alcuni indici climatici e agroclimatici elaborati per i trentenni ufficiali di riferimento attualmente in uso: 1961-1990 (*Climate Normal* - Cli.No.), 1971-2000 (clima recente) e 1981-2010 (clima attuale).

In questo articolo sono descritti gli approcci seguiti per l'analisi e la rappresentazione cartografica del clima e dei cambiamenti climatici, in termini di fonti di dati, metodi di spazializzazione e standard adottati. Sono presentati, inoltre, alcuni esempi dei risultati ottenuti focalizzando l'attenzione sulle elaborazioni utili per le applicazioni agrometeorologiche.

## Materiali e Metodi

Nell'Atlante sono riportate le statistiche climatiche di temperatura, precipitazione e umidità relativa riferita ai sotto-periodi di 30 anni tra il 1961 e il 2010. Per calcolare le statistiche meteorologiche e climatiche sono state utilizzate le serie storiche giornaliere della Banca Dati Agrometeorologica Nazionale del Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN) del Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali. I dati giornalieri rappresentano i valori meteorologici associati alle 3193 celle della griglia regolare georiferita (Datum WGS84) che copre l'intero territorio nazionale. Ciascuna cella ha una risoluzione di 0,14° di longitudine e 0,10° di latitudine, corrispondente, alle nostre latitudini, ad una cella quadrata di circa 10 km di lato. I valori assegnati a ciascuna cella sono stati stimati a partire dai dati acquisiti dalle stazioni della Rete Agrometeorologica Nazionale e del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, dagli Osservatori meteorologici tradizionali del CREA-CMA e da alcune stazioni dei servizi agrometeorologici regionali. Il numero di stazioni utilizzate è variato nel tempo e mediamente, per il periodo 1981-2010 è pari a 107.

La stima dei valori giornalieri al suolo di temperatura minima ( $T_n$ ) e massima ( $T_x$ ), umidità relativa media notturna ( $U_n$ ) e diurna ( $U_d$ ) e precipitazione totale per le unità areali della griglia è avvenuta applicando opportuni stimatori geostatistici. L'utilizzo appropriato della geostatistica ha permesso di ricostruire i valori meteorologici al suolo integrando i dati delle stazioni di rilevamento con i valori previsti sulle stesse 3193 celle di griglia dal modello meteorologico idrostatico DALAM<sup>1</sup>. In particolare, per la stima dei valori estremi giornalieri di temperatura e umidità relativa al suolo è stato applicato il CoKriging non stazionario con deriva esterna (Chilés e Delfiner 1999, 2012). Il CoKriging è stato scelto per imporre la coerenza fisica alla stima delle variabili minime e massime giornaliere ( $T_n < T_x$ ,  $U_d < U_n$ ) e, allo stesso tempo, per migliorare la precisione di stima nei casi di mancata misura di una delle variabili. La struttura spaziale delle variabili meteorologiche è stata modellata per i 12

mesi dell'anno e per le 8 macrozone geografiche, secondo la suddivisione del territorio italiano adottata in ambito SIAN<sup>2</sup>.

La deriva esterna, imposta per modellare il trend geografico delle variabili meteorologiche, è stata assunta proporzionale a: 1) quota sul livello del mare (ricavata dal modello digitale del terreno con risoluzione orizzontale di 20 m, presente nel SIAN); 2) dato meteorologico elaborato dal modello meteorologico idrostatico DALAM e riferito allo stesso giorno dei dati di temperatura e umidità relativa rilevati dalle stazioni; 3) campo meteorologico del giorno precedente in assenza del dato al punto 2) (Libertà e Girolamo, 1992). Queste tre variabili sono conosciute sull'intero territorio italiano e, in particolare, per tutte le 3193 celle della griglia utilizzata per ricostruire i campi meteorologici giornalieri dal 1961 al 2010 (Esposito et al., 2015). Riguardo ai dati previsionali DALAM, questi sono stati utilizzati a partire dal 1° gennaio 2008.

Per la stima della precipitazione giornaliera al suolo è stato applicato il metodo dell'*Ordinary Kriging* assumendo l'ipotesi di quasi stazionarietà della variabile all'interno di ogni macrozona. Rispetto a altre variabili meteorologiche, le precipitazioni sono fenomeni transitori a volte locali che interessano porzioni di territorio molto variabili. All'esterno delle aree pluviometriche la variabilità spaziale è nulla per definizione (assenza di precipitazioni), mentre all'interno delle aree pluviometriche la variabilità delle precipitazioni è tanto maggiore quanto maggiore è la precipitazione media areale. Pertanto, la variabilità spaziale dell'intensità pluviometrica giornaliera nelle 8 macrozone italiane è stata modellata in funzione dell'estensione areale delle precipitazioni, distinguendo quelle giornaliere locali di estensione inferiore o poco superiore alla distanza media tra le stazioni di rilevamento da quelle giornaliere estese associate a corpi nuvolosi appartenenti a formazioni cicloniche o a strutturati fronti d'instabilità meteorologica che interessano aree estese e continue.

Allo scopo di fornire informazioni di sintesi sull'affidabilità dei campi termici e pluviometrici ricostruiti sulla griglia, sono state selezionate 83 ulteriori stazioni meteorologiche, omogeneamente distribuite sul territorio nazionale e non incluse nel set di stazioni utilizzate per la stima. I valori stimati dai modelli geostatistici in corrispondenza dei siti geografici di queste stazioni sono stati confrontati con i dati rilevati nelle stazioni stesse (*External validation*). Fra gli indici statistici di confronto applicati, si cita il coefficiente di massa residua ( $C_{rm}$ ), i cui valori hanno mostrato una lieve tendenza a sottostimare le temperature massime e sovrastimare quelle minime, e il Mae (*Mean absolute error*) che ha evidenziato un errore medio di stima di circa  $\pm 2^\circ\text{C}$  per le temperature giornaliere e di  $\pm 2.4$  mm per la precipitazione giornaliera.

I dati giornalieri stimati sulla griglia sono stati sottoposti a controlli di coerenza interna, temporale e spaziale e aggregati a scala mensile, stagionale ed annua (valori medi

<sup>1</sup><https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/6401>

<sup>2</sup>[https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfy700\\_ottoZone.php/L/IT](https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfy700_ottoZone.php/L/IT)

o cumulati in funzione della variabile meteorologica). Per la scala stagionale si è fatto riferimento alle stagioni meteorologiche: inverno (dicembre-febbraio), primavera (marzo-maggio), estate (giugno-agosto) e autunno (settembre-novembre). Il dato aggregato è stato ritenuto valido solo in presenza di almeno l'84% dei dati giornalieri nel mese.

La base di dati così ricostruita è stata utilizzata per la realizzazione delle carte climatiche e per la stima dei valori aggregati a diverse scale territoriali. Inoltre, le stime sono state utilizzate per il calcolo di indici agroclimatici e climatici.

Gli elaborati si riferiscono a tre trentenni climatici: il periodo standard 1961-1990 (Cli.No) e due periodi di riferimento più aggiornati, il 1971-2000 e il 1981-2010, che descrivono più fedelmente il clima presente (WMO, 2011, 2012). Altre elaborazioni hanno riguardato alcuni indicatori di cambiamento climatico: fra quelli proposti dall'ETCCDI (Klein Tank et al., 2009) sono stati selezionati i più significativi per il nostro ambito geografico, applicandoli al cinquantennio 1961-2010.

Infine è stata condotta la *change-point analysis* sulle serie storiche delle variabili temperatura massima e minima e cumulo di precipitazione per il periodo 1961-2010, aggregate a livello nazionale e ad una scala temporale annuale. Per individuare le discontinuità delle serie sono stati applicati l'OLS-CUSUM test e l'F-Test con la statistica supF.

Le analisi, le elaborazioni e le rappresentazioni spaziali sono state realizzate utilizzando i *software open source* GRASS GIS (versione 6.4.3) e R (R Core Team, 2014) ed in particolare le librerie *gstat*, *rgdal*, *raster*, *rts*, *climdex.pcic*, *spgrass6*.

Le mappe dell'Atlante sono state realizzate utilizzando il sistema di coordinate geografiche geodetico globale WGS84 (World Geodetic System 1984).

## Risultati e Discussione

L'Atlante illustra le principali caratteristiche climatiche del territorio italiano nel cinquantennio 1961-2010 mediante numerose rappresentazioni cartografiche. Per il trentennio 1981-2010, che rappresenta il riferimento climatico valido per il decennio in corso, il volume riporta le mappe climatiche mensili, stagionali e annue di temperatura (minima, media e massima) e di precipitazione, le mappe stagionali dell'escursione termica e quelle dell'umidità relativa diurna e notturna per i mesi di gennaio e luglio. Per i trentenni 1961-1990 e 1971-2000 sono state redatte le mappe climatiche di temperatura e precipitazione a scala temporale stagionale e annua.

Altre elaborazioni, relative ai soli trentenni 1961-1990 e 1981-2010, hanno riguardato le mappe mensili dei seguenti indici climatici e agroclimatici: *numero medio annuo di notti tropicali*, *numero medio annuo di giorni estivi*, *numero medio annuo di giorni con temperatura massima maggiore di 30°C*, *sommatorie termiche annue relative a diverse soglie*. Per i soli mesi da maggio ad agosto, sono

state redatte anche le mappe di *evapotraspirazione* e di *bilancio idroclimatico*.

Una specifica sezione dell'Atlante è dedicata agli indicatori di cambiamento climatico. Per gli aspetti termici sono stati elaborati quelli relativi a: *notti tropicali*, *giorni estivi*, *escursione termica giornaliera*, *periodi di caldo*, *periodi di freddo*, *durata della stagione vegetativa*, *giorni caldi*, *notti calde*, *giorni freddi*, *notti fredde*. Per gli aspetti pluviometrici sono stati elaborati i seguenti indici: *precipitazione massima giornaliera*, *intensità di pioggia giornaliera*, *numero di giorni con precipitazione intensa*, *precipitazione totale nei giorni molto piovosi*.

L'andamento temporale degli indicatori è stato presentato con i grafici di Hovmöller relativi al cinquantennio 1961-2010. I grafici proposti rappresentano, con un passo di 0,1° di latitudine (corrispondente all'ampiezza in latitudine di ciascuna cella della griglia), il valore mediano assunto dall'indicatore in ogni anno del cinquantennio e risultano particolarmente efficaci nel mostrare la presenza di trend spazio-temporali.

La sezione degli indicatori di cambiamento climatico si completa con la *change-point analysis* riferita alla serie storica 1961-2010 delle temperature e precipitazioni, aggregate a livello nazionale.

La sezione finale dell'Atlante è dedicata alla presentazione in forma tabellare dei valori climatici mensili di temperatura minima e massima e di precipitazione totale per il trentennio 1981-2010, riferiti a livello provinciale e regionale. Inoltre sono riportati sinteticamente gli indici termometrici e pluviometrici di cambiamento climatico per i trentenni 1961-1990 e 1981-2010, aggregati a livello regionale.

In questa nota si presentano alcuni tra i risultati più significativi dell'Atlante. Questi consentono di dare indicazioni sui cambiamenti climatici in atto che possono avere ricadute importanti sulle attività agricole.

I risultati relativi ai trentenni 1961-1990 e 1981-2010, anche se i periodi non sono perfettamente confrontabili a causa della sovrapposizione di un decennio, permettono di confermare alcuni segnali di cambiamento del clima italiano.

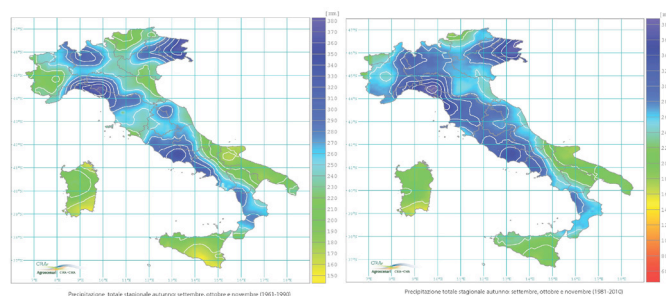


Fig.1 - *Precipitazione totale stagionale: autunno (settembre-novembre) per i trentenni 1961-1990 (sx) e 1981-2010 (dx).*

Fig.1 - *Autumn cumulated precipitation (September-November) over the periods 1961-1990 (left) and 1981-2010 (right).*

Il confronto tra i due trentenni evidenzia, nel tempo, un aumento medio delle precipitazioni autunnali, specialmente nel settore occidentale (Fig. 1) e un incremento del deficit idrico nel mese di luglio (Fig. 2). Si osserva altresì un aumento del numero di giorni con temperature massime superiori ai 30°C (Fig. 3) e un aumento del valore della sommatoria termica annua con soglia di 10°C (Fig. 4).

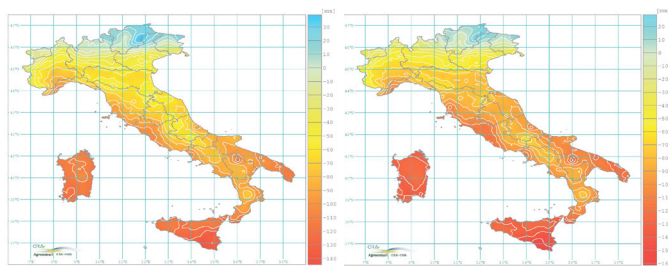


Fig.2 - Bilancio idroclimatico di luglio per i trentenni 1961-1990 (sx) e 1981-2010 (dx).

Fig.2 - Climatic water balance in July for the periods 1961-1990 (left) and 1981-2010 (right).

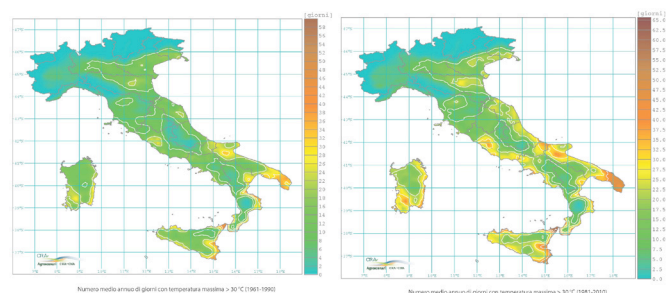


Fig.3 - Numero medio di giorni con temperatura massima maggiore di 30°C per il trentennio 1961-1990 (sx) e per il trentennio 1981-2010 (dx).

Fig.3 - Average number of days with maximum temperature above 30°C during the periods 1961-1990 (left) and 1981-2010 (right).

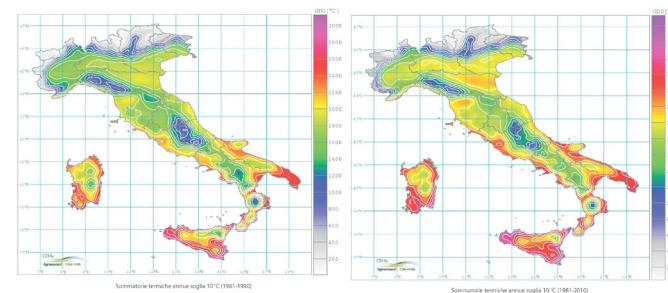


Fig.4 - Sommatorie termiche annue soglia 10°C per i trentenni 1961-1990 (sx) e 1981-2010 (dx).

Fig.4 - Annual Growing Degree Days above 10°C for the periods 1961-1990 (left) and 1981-2010 (right).

La tendenza al cambiamento è avvalorata dai risultati dell'elaborazione degli indicatori di cambiamento climatico. Le Figure 5, 6 e 7 sono esempi di grafici di Hovmöller relativi rispettivamente al numero di giorni caldi, numero di giorni estivi e numero di giorni con precipitazioni intense ( $\geq 10$  mm). Le Figure 5 e 6 mostrano

un intensificarsi dei fenomeni nel corso del cinquantennio e la loro progressiva estensione verso latitudini più settentrionali, specialmente nell'ultimo decennio. La Figura 7 mostra, nello stesso periodo, un incremento verso le latitudini più meridionali del numero di giorni con precipitazioni intense.

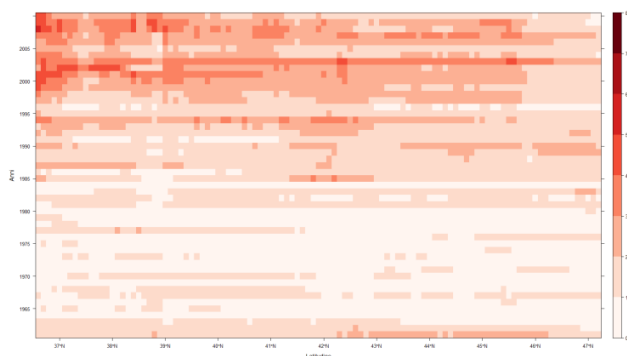


Fig.5 - Trend geografico (in ascisse) e temporale (in ordinate) del numero di giorni caldi (%) dal 1961 al 2010.

Fig.5 - Geographic (x-axis) and time (y-axis) trend of hot days number (%) from 1961 to 2010.

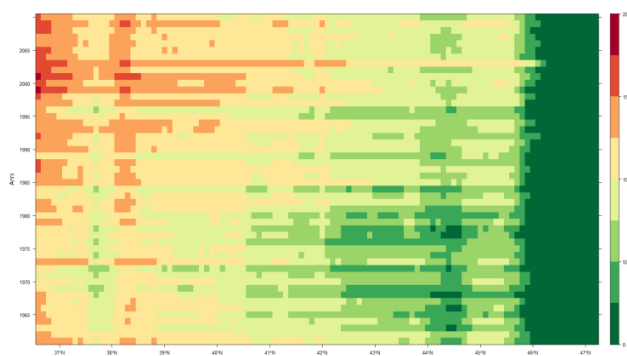


Fig.6 - Trend geografico (in ascisse) e temporale (in ordinate) del numero di giorni estivi (%) dal 1961 al 2010.

Fig.6 - Geographic (x-axis) and time (y-axis) trend of the Number of summer days (%) from 1961 to 2010.

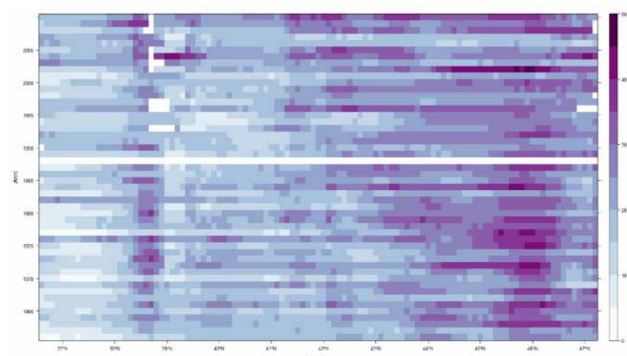


Fig.7 - Trend geografico (in ascisse) e temporale (in ordinate) del numero di giorni con precipitazione intensa ( $R \geq 10$ mm) dal 1961 al 2010.

Fig.7 - Geographic (x-axis) and time (y-axis) trend of the Annual count of days when precipitation  $\geq 10$ mm from 1961 to 2010.

I risultati della *change point analysis* non hanno evidenziato punti di discontinuità per la serie di precipitazione totale annua, mentre hanno mostrato due punti di discontinuità, nel 1975 e nel 1985, nella serie delle temperature minime e uno, nel 1984, per la serie delle temperature massime, confermati da specifici test di significatività. In particolare, per la temperatura massima si rileva un incremento del livello medio di temperatura di 1.5°C a partire dal 1984 che, a tutt'oggi, sembra proseguire nella stessa direzione (Fig. 8).

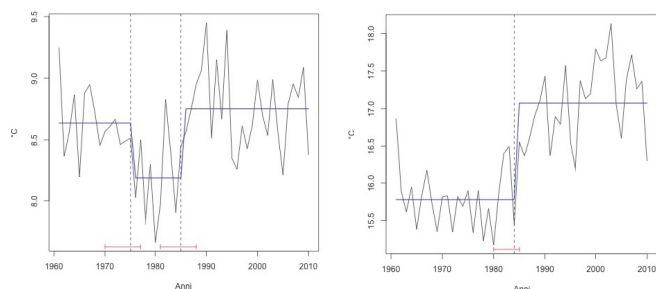


Fig.8 – Punti di discontinuità relativi alla serie di temperatura minima (sx) e massima (dx) dal 1961 a 2010 aggregate a livello nazionale.

Fig.8 – Change points of minimum (left) and maximum temperature (right) aggregated at national level from 1961 to 2010.

Una presentazione sintetica dei cambiamenti in atto si evidenzia dal confronto dei valori assunti a livello nazionale dagli indici di cambiamento climatico per i trentenni 1961-1990 e 1981-201 (Tabella 1).

Si osserva che nel trentennio più recente tutti gli indici hanno subito un incremento di valore rispetto al trentennio CLINO. In particolare, la frequenza di notti tropicali e di giorni estivi è aumentata, la stagione vegetativa si è allungata, e le precipitazioni mostrano una tendenza all'intensificazione dei fenomeni.

Tab.1 - Indici termometrici e pluviometrici di cambiamento climatico (ETCCDI) a scala nazionale per i trentenni 1961-1990 e 1981-2010.

Tab.1- ETCCDI indices of climate change aggregated at a national scale in the 30-years period 1961-1990 and 1981-2010.

INDICI	Periodo	
	1961-1990	1981-2010
Notti tropicali (giorni)	12,5	15,0
Giorni estivi (giorni)	68,0	86,5
Escursione termica giornaliera (°C)	7,3	8,2
Durata stagione vegetativa (giorni)	320	326
N. giorni con precipitazione intensa	24	25
Precipitazione max giornaliera (mm)	38,1	40,5
Intensità di pioggia giornaliera (mm/g)	6,7	7,2

## Conclusioni

L'Atlante rappresenta uno strumento informativo circa le potenzialità e i limiti climatici del territorio italiano, soprattutto per quel che riguarda la valutazione della sua idoneità agro-ambientale.

I risultati ottenuti per i tre periodi climatici non possono essere direttamente confrontati tra loro, perché gli anni di sovrapposizione non consentono valutazioni statisticamente corrette sulle variazioni del clima, tuttavia permettono di evidenziare la presenza di tendenze in atto, e offrono diversi termini di riferimento temporale per altre indagini climatiche.

La finalità principale dell'Atlante è comunque quella di fornire a livello nazionale dati ed elementi conoscitivi che possano essere utilizzati a sostegno della gestione sostenibile delle risorse ambientali e della programmazione delle attività umane, con particolare riferimento al settore agricolo.

L'Atlante è disponibile in formato pdf all'indirizzo web: <http://cma.entecra.it/atlanter.htm>.

## Bibliografia

- Chilès J.P., Delfiner P., 1999. *Geostatistics: Modelling spatial Uncertainty*. Wiley, New York, 695 pp.
- Chilès J.P., Delfiner P., 2012. *Geostatistics: Modelling spatial Uncertainty*. 2<sup>nd</sup> Ed. Wiley, New York, 734 pp. ISBN: 978-0-470-18315-1.
- Desiato F., Fioravanti G., Fraschetti P., Perconti W., Piervitali E., 2015. *Valori normali di temperatura e precipitazione in Italia*. ISPRA, Stato dell'Ambiente 55/2014, ISBN 978-88-448-0689-7.
- Esposito S., Alilla R., Beltrano M. C., Dal Monte G., Di Giuseppe E., De Natale F., Iafrate L., Libertà A., Parisse B., Raparelli E., Scaglione M., 2015. *New climatic maps of italian territory*. Atti del XVIII Convegno nazionale di agrometeorologia - S. Michele all'Adige (TN), 9-11 giugno 2015, Fondazione Edmund Mach, 25-27, ISBN 978-88-7843-043-3.
- Klein Tank A.M.G., Zwiers F. W., Zhang X., 2009: *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*, Climate Data and Monitoring WCDMP,72, WMO-TD N. 1500, 56pp.
- Libertà A. e Girolamo A.,1992. *Time coregionalization model for the analysis of meteorological fields: application in northern Italy*. Meeting 2nd CODATA Conference on Geomathematics and Geostatistics. Science de la Terre, Sér. Inf. Nancy, 31, pp. 93-119.
- Mori A., 1962. *Progetto per un Atlante Climatico d'Italia*. In Atti del XVIII Congresso Geografico Italiano - Trieste 4-9 aprile 1961, Istituto di Geografia dell'Università, Trieste.
- WMO, 2011. Guide to Climatological Practices, WMO N. 100, Geneva.
- WMO, 2012. Technical regulations, Basic documents n.2, Vol. I – General meteorological standards and recommended practices. WMO N. 49, Geneva.



# GLI STUDI BIOCLIMATICI COME STRUMENTO PER IL MONITORAGGIO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN SARDEGNA

## BIOCLIMATIC STUDIES AS A TOOL FOR CLIMATE CHANGE MONITORING IN SARDINIA

Andrea Motroni<sup>1\*</sup>, Simona Canu<sup>1</sup>, Michele Fiori<sup>1</sup>, Emmanuele Farris<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ARPAS– Regional Agency for Environmental Protection – Sardinia, viale Porto Torres 119, 07100, Sassari (SS)

<sup>2</sup>DIPNET– Department of Science for Nature and Environmental Resources, University of Sassari, via De Nicola 9, 07100, Sassari (SS)

\*[amotroni@arpa.sardegna.it](mailto:amotroni@arpa.sardegna.it)

### Abstract

Rivas-Martinez Worldwide Bioclimatic Classification System was applied to obtain a bioclimatic map of Sardinia based on a high-resolution (40 m grid) spatial interpolation of monthly temperature and precipitation data referred to the 1951-2000 period. In order to evaluate climate change impacts on bioclimatic and vegetation types the same methodology was implemented on WorldClim data series. The two maps showed smooth differences concerning bioclimatic indexes changes due to the spatial resolution and interpolation methods. The higher 30-second resolution, and the most severe Representative Concentration Pathway RCP85 (2061-2080) from Hadley Center (UK) and Goddard Institute of NASA, were used as climate change models for bioclimatic classification. Evident changes in Mesomediterranean and Thermomediterranean bioclimatic types can be outlined, due to the different values of Ombrotype and Thermotype indexes. The most threatened in the hypothesized scenario seem those vegetation types linked to temperate islands with humid ombrotype on mountains, first of all the alpine juniper series *Juniperetum nanae*, followed by the deciduous European Hop Hornbeam series (*Cyclamino repandi-Ostryetum carpinifoliae*) and deciduous oak (*Glechomo sardoae-Quercetum congestae*). Rivas-Martinez WBCS resulted an appropriate system for bioclimatic classification and for evaluating the impacts of climate change on biota and vegetation series; accurate bioclimatic maps can be important tools for land management and biodiversity conservation.

### Parole chiave

Rivas-Martinez, Classificazione Bioclimatica, Climate change

### Keywords

Rivas-Martinez, Bioclimatic Classification, Climate change

### Introduzione

Gli studi bioclimatici sono di fondamentale importanza per la corretta gestione del territorio e delle risorse ambientali. In considerazione dei possibili cambiamenti climatici in atto e delle misure di mitigazione e di adattamento, lo studio delle interazioni tra clima e vegetazione naturale appaiono di fondamentale importanza sia per la conoscenza dei meccanismi che regolano la distribuzione e la salvaguardia della biodiversità (Blasi et al., 2000), sia per la gestione sostenibile delle risorse ambientali e per la pianificazione del territorio.

Il presente lavoro illustra l'analisi bioclimatica della Sardegna ottenuta applicando la classificazione Worldwide Bioclimatic Classification System (Rivas-Martínez, 2011) per valutare i possibili impatti delle variazioni climatiche sulla presenza/minaccia/estinzione di singole specie, delle serie di vegetazione e dei sistemi di paesaggio tipici della regione. A tal fine si è reso necessario utilizzare i dati climatici relativi a modelli contenuti nella banca dati online nota come WorldClim (<http://www.worldclim.org/>). L'approccio scelto per l'analisi dei dati è stato quello dell'ambiente GIS (Geographic Information System) dotato delle più moderne e innovative tecnologie di analisi spaziale raster e vettoriale, e di interpolazione spaziale geostatistica. L'uso del GIS ha permesso di superare il problema della discontinuità dei dati e ha consentito di

costruire un sistema informativo in cui tutte le informazioni contenute, essendo georeferenziate, possono essere visualizzate e analizzate in sovrapposizione tra loro.

### Materiali e Metodi

La Carta Bioclimatica della Sardegna (Canu et al., 2015) è stata realizzata utilizzando i dati medi mensili di temperatura minima, massima e media relativi a 68 stazioni termopluviometriche e i dati medi mensili di precipitazione relativi a 203 stazioni pluviometriche. La finestra temporale a cui fanno riferimento è il trentennio 1971-2000. I dati topografici utilizzati nelle elaborazioni di analisi spaziale sono derivati dal DTM (Digital Terrain Model) con risoluzione spaziale di 40 metri.

Per gli scenari climatici futuri, i dati disponibili (Hijmans et al., 2005) sono proiezioni climatiche derivate da Modelli a Circolazione Generale (GCMs) per quattro livelli di concentrazioni di CO<sub>2</sub> rappresentativi (RCPs) secondo quanto riportato nel Fifth Assessment Report dell'IPCC (IPCC, 2013). Per gli output dei modelli GCMs è stato eseguito un downscaling e i modelli sono stati utilizzando WorldClim 1.4 come baseline del 'clima corrente'. Le grandezze meteo-climatiche prese in considerazione sono state la temperatura massima e minima e le precipitazioni. I dati sono disponibili a differenti risoluzioni spaziali

(espressi in minuti o secondi di grado di latitudine e longitudine): 10 minuti, 5 minuti, 2.5 minuti e 30 secondi. Tra i tanti modelli riportati, sono stati scelti quelli del Goddard Institute for Space Studies (GISS) della NASA, e dell'Hadley Center del Meteorological Office del Regno Unito. Nella banca dati WorldClim sono presenti per entrambi i modelli quattro livelli di forzanti di radiazione, una più blanda (2,6 W/m<sup>2</sup>), due intermedie (4,5 e 6,0 W/m<sup>2</sup>) e una più intensa (8,5 W/m<sup>2</sup>) che rispondono a concentrazioni crescenti di CO<sub>2</sub>. Per il nostro studio, si è optato per la forzante più elevata RCP85 (8,5 W/m<sup>2</sup>) e i periodi di riferimento scelti sono il 2050 (media del periodo 2041-2060) e il 2070 (media per il periodo 2061-2080). Per quanto riguarda la risoluzione spaziale, è stata scelta quella più dettagliata (30 secondi) poiché i dati, per quanto ottenuti attraverso uno stretch elevato dovuto al downscaling statistico, sono maggiormente confrontabili con quelli del punto stazione.

## Risultati e Discussione

I risultati hanno riguardato:

- la classificazione bioclimatica utilizzando la base climatica WorldClim 1950-2000;
- la riclassificazione bioclimatica attraverso il calcolo degli indici bioclimatici al 2050 e 2070 con entrambi i modelli GCMs e relativi scenari;
- confronto degli indici bioclimatici calcolati per il periodo 1950-2000 e l'applicazione degli scenari Goddard e Hadley al 2050 e 2070
- valutazione dei possibili impatti su singole specie, serie di vegetazione e paesaggio.

*Tab. 1 – Confronto tra i dati climatici medi per la Sardegna secondo WorldClim e gli scenari climati futuri del Goddard Institute e dell'Hadley center al 2050 e al 2070 per i valori di temperatura massima, minima, media e precipitazione.*

*Tab 1 – WorldClim mean climatic data and 2050-70 GISS and Hadley Center future scenarios data.*

	1950-2000 WORLD CLIM	GISS 2050	GISS 2070	HADLE Y 2050	HADLEY 2070
Tmax°C	10.3÷21.4	1.7÷1.7	2.3÷2.4	2.7÷3.1	4.0÷4.1
Tmin °C	4.0÷14.2	1.7÷1.8	2.3÷2.5	2.7÷2.8	4.0÷4.2
Tmean °C	7.1÷17.6	1.7÷1.8	2.3÷2.5	2.8÷3.0	4.0÷4.6
Prec (mm)	284÷1056	-6.7	-10.1	-2.5	-3.0

### Confronto degli indici bioclimatici

Per quanto riguarda il clima, gli scenari considerati presentano un aumento delle temperature in un range compreso tra 2.7 e 4.5 °C ed una riduzione delle precipitazioni, prevista da entrambi gli scenari, compresa tra circa il -7% e il -10% rispetto ai cumulati attuali (Tab.1),

ma con andamenti differenti nei diversi periodi dell'anno a seconda dello scenario che viene considerato.

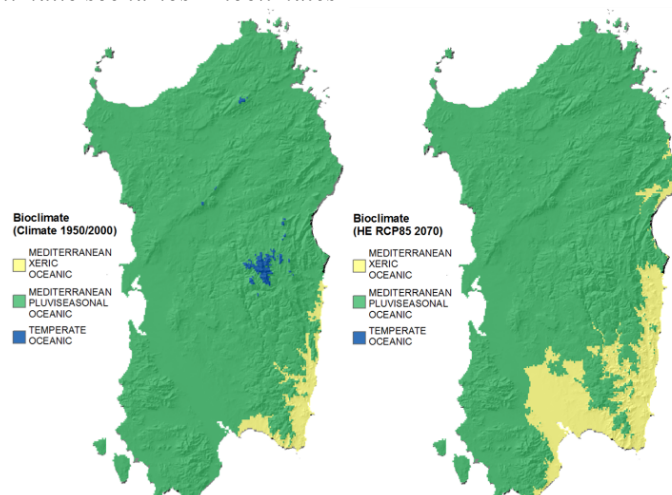
La classificazione bioclimatica WBCS è stata applicata alle mappe di temperatura e precipitazione relativa agli scenari futuri, dei due modelli sopra descritti, al 2050 ed al 2070, sfruttando il modello implementato per la realizzazione della Carta Bioclimatica della Sardegna del 2014. Sono stati elaborati i seguenti indici bioclimatici: Macrobioclimi, Bioclimi, Termotipi (Piani fitoclimatici), Indice ombrotermico, Indice di continentalità.

Per ogni indice si è effettuato un confronto tra il clima attuale e gli scenari al 2050 ed al 2070 per ciascun modello (Goddard e Hadley). È stato così possibile valutare i cambiamenti nella distribuzione delle classi bioclimatiche e la conseguente potenziale riduzione della biodiversità o eventuali spostamenti di areali della vegetazione attualmente presente (Tab., 2,3,4,5). Per quanto riguarda i Bioclimi (Fig.1) è prevista la perdita della classe Temperate Oceanic nel 2070 per entrambi i modelli; inoltre, si prevede un incremento della classe Mediterranean Xeric Oceanic nella parte sud-orientale dell'isola.

CLASS	1950-2000 (%)	Gs50 (%)	Gs70 (%)	He50 (%)	He70 (%)
MEDITERRANEAN XERIC OCEANIC	3.3	8.2	12.8	9.1	13.8
MEDITERRANEAN PLUVISEASONAL OCEANIC	95.9	91.7	87.2	90.9	86.2
TEMPERATE OCEANIC	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0

*Tab. 2 - Confronto tra i Bioclimi calcolati con la baseline climatica 1950-2000 e quelli ottenuti con gli scenari climatici futuri al 2050 e al 2070.*

*Tab. 2 – 1950-2000 climate data based and 2050-70 future climatic scenarios' Bioclimates*



*Fig. 1 - Mappe dei Bioclimi attuali (1950-2000) e Bioclimi derivati dallo scenario HE RCP85 2070.*

*Fig.1 – Present bioclimatic maps and Hadly Center future scenario in 2070.*

I Termotipi subiscono uno spostamento verso le classi inferiori (Tab.3), con un aumento generale dell'estensione del Thermomediterranean, un decremento del Mesomediterranean e la comparsa di una vasta superficie con termotipo Upper Inframediterranean, in particolar modo nel 2070 per lo scenario HE RCP85 (Fig.2).

Tab. 3 - Confronto tra i Termotipi calcolati con la baseline climatica 1950-2000 e quelli ottenuti con gli scenari climatici futuri al 2050 e al 2070.

Tab. 3 – Present climate and GISS and Hadley Center climate change scenarios Thermotypes in 2050-2070.

CLASS	1951-2000 (%)	Gs50 (%)	Gs70 (%)	He50 (%)	He70 (%)
U. INFRAMEDITERRANEAN	N.P.	0.6	4.9	7.2	37.0
L. THERMOMEDITERRANEAN	0.6	31.0	43.9	43.8	35.4
U. THERMOMEDITERRANEAN	30.9	37.2	30.2	29.4	19.0
L. MESOMEDITERRANEAN	44.7	24.0	17.4	16.4	7.8
U. MESOMEDITERRANEAN	19.1	6.5	3.5	3.0	0.8
L. SUPRAMEDITERRANEAN	3.9	0.5	0.3	0.2	0.0
L. SUPRATEMPERATE	0.6	0.2	N.P.	0.0	N.P.
U. SUPRATEMPERATE	0.1	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

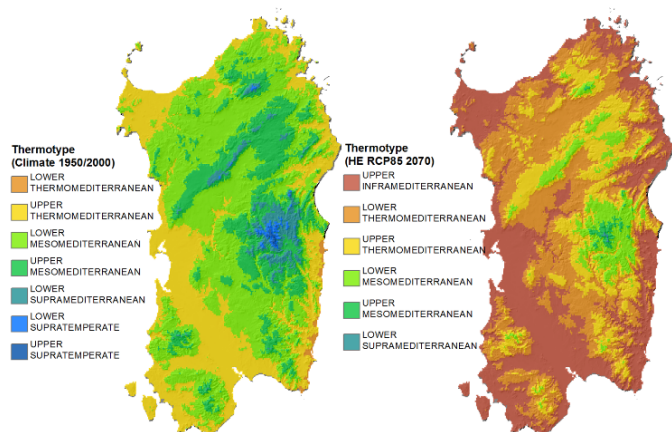


Fig. 2 - Mappe dei Termotipi attuali (1950-2000) e Termotipi derivati dallo scenario HE RCP85 2070.

Fig. 2 – Present climate (1950-2000) and future climate change scenario HE RCP85 thermotypes in 2070.

Per quanto riguarda gli Ombrotipi, si stima una notevole perdita degli orizzonti umidi e subumidi nelle aree montuose della regione, ed un aumento degli orizzonti secchi e semiaridi soprattutto nella parte sud-orientale dell'isola, già a partire dal 2050.

Tab. 4 - Confronto tra gli Ombrotipi calcolati con la baseline climatica 1950-2000 e con gli scenari climatici futuri al 2050 e al 2070.

Tab. 4 – Present climate and GISS and Hadley Center scenarios Ombrotypes in 2050-2070.

HORIZONS	1951-2000 (%)	Gs50 (%)	Gs70 (%)	He50 (%)	He70 (%)
LOWER SEMIARID	0.4	1.9	3.1	2.0	3.2
UPPER SEMIARID	3.0	6.3	9.7	7.1	10.6
LOWER DRY	17.1	41.1	46.1	43.1	46.5
UPPER DRY	37.4	28.9	24.9	28.3	25.8
LOWER SUBHUMID	27.1	17.6	14.1	16.7	12.9
UPPER SUBHUMID	11.2	3.8	1.9	2.5	1.0
LOWER HUMID	3.9	0.5	0.2	0.2	0.05
UPPER HUMID	0.1	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

L'Indice di continentalità presenta un incremento della classe Weak Semicontinental per lo scenario HE RCP85 soprattutto per il 2070 ed una progressiva riduzione degli areali caratterizzati dalla classe Weak Semihyperoceanic a causa del notevole aumento dell'escursione termica annua stimata da questo scenario.

Tab. 5 - Confronto tra gli Indici di continentalità calcolati con la baseline climatica 1950-2000 e con gli scenari climatici futuri al 2050 e al 2070.

Tab. 5 - Present climate and GISS and Hadley Center scenarios Continentiality Index values in 2050-2070.

CLASS	1951-2000 (%)	Gs50 (%)	Gs70 (%)	He50 (%)	He70 (%)
WEAK SEMIHYPEROCEANIC	27.7	14.1	15.7	N.P.	N.P.
WEAK EUOCEANIC	30.8	41.7	39.4	61.0	41.9
STRONG EUOCEANIC	41.5	44.2	44.9	2.1	0.4
WEAK SEMICONTINENTAL	N.P.	N.P.	N.P.	37.0	56.2
STRONG SEMICONTINENTAL	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	1.6

Possibili impatti su singole specie, serie di vegetazione e paesaggio

L'impatto di un contemporaneo aumento della temperatura e di una riduzione delle precipitazioni potrebbe portare nel lungo periodo alla perdita o riduzione delle specie attuali, soprattutto le serie di vegetazione (Bacchetta et al., 2009) e le specie tipiche dei bioclimi temperati e dei termotipi supramediterranei. Alcune specie spia (come ad esempio la *Daphne laureola* L., il *Lotus alpinus* (DC.) Schleicher e il *Berberis vulgaris* L. subsp. *aetnensis* (C. Presl.) Rouy et Foucaud) che tipicamente oggi ritroviamo diffuse in aree di montagna del Limbara e del Gennargentu, caratterizzate da un macrobioclima temperato, potrebbero vedere i loro areali di distribuzione molto ridotti, o addirittura, nelle condizioni più severe, scomparire del tutto, con l'avanzare



del bioclimate mediterraneo pluvistagionale oceanico e xerico (Fig. 3).

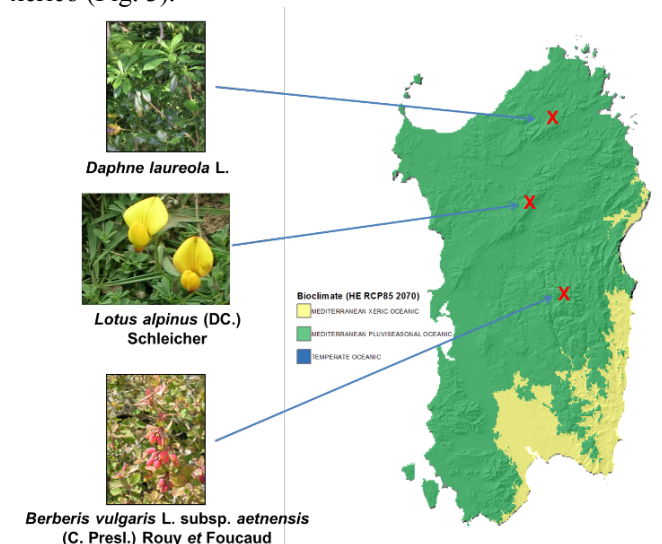


Fig. 3 – Possibile perdita di biodiversità: mappa dei Bioclimi derivati dallo scenario HE RCP85 2070 e attuale ubicazione delle specie tipiche del bioclimate temperato.

Fig. 3 – Possible Biodiversity loss: HE RCP85 future climate scenario bioclimatic map and actual presence of typical species of temperate bioclimate.

D'altro canto, altre specie potrebbero trovare condizioni più favorevoli alla loro espansione: potrebbe essere il caso della *Chamaerops humilis* (palma nana), una tipica specie termoxerofila attualmente diffusa soprattutto lungo le zone più aride della costa occidentale. Il possibile estendersi delle condizioni ad elevata termicità e con ombrotipo secco porterebbe all'affermazione di questa specie in areali che oggi vedono il prevalere di altre specie della macchia mediterranea.

Non solo singole specie, ma anche le serie di vegetazione e le comunità vegetali potrebbero subire una variazione: le formazioni a lecceta e acero tipiche di alcune aree montane su substrato calcareo (serie *Aceri monspessulani-Quercetum ilicis*), così come la serie montana, prevalentemente acidofila, Meso-Supramediterranea con penetrazioni anche nel Submediterraneo (*Saniculo europaeae-Quercetum ilicis*) potrebbero lasciare il posto a serie di vegetazione di ambienti più tipicamente mesomediterranei inferiori se non termomediterranei (Bacchetta et al., 2009 2010). Ci potrebbe essere inoltre un'espansione delle formazioni a ginepro (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*) e olivastro (*Olea europaea* var. *sylvestris*), oggi tipiche prevalentemente delle zone costiere termomediterranee, verso aree più interne e a quote più elevate, se si dovessero verificare condizioni di clima più secco e caldo. Infine, i paesaggi tipici delle zone montane sopra i 1200 metri, caratteristici dei bioclimi temperati oceanici, più freddi e umidi, sarebbero minacciati, mentre una forte espansione avrebbero i paesaggi tipici delle aree meso- e termomediterranee, con specie della macchia xerofila e più resistenti a condizioni di siccità e temperature crescenti.

## Conclusioni

Lo studio ha mostrato come la metodologia Rivas-Martínez ben si presta a studi sul cambiamento bioclimatico. Le approssimazioni dei dati della banca dati on line WorldClim dovuti al numero ridotto di stazioni meteorologiche di partenza e alle tecniche di interpolazione spaziale applicata alla scala globale costituiscono un limite nella definizione dei bioclimi.

Inoltre, sono stati analizzati due modelli (GISS e Hadley) e due scenari per ciascuno di essi: sarebbe opportuno approfondire lo studio con un *ensemble* di modelli e di scenari e relative statistiche. Un passo ulteriore sarebbe dato dall'utilizzo di modelli di Circolazione Regionale RCMs di maggior dettaglio che meglio si adattano alla scala degli studi a carattere locale. Infine, sarebbe interessante confrontare il presente risultato con risultati simili ottenuti in altre regioni alle stesse latitudini o con condizioni macrobioclimatiche differenti.

## Bibliografia

- Blasi C., Carranza M. L., Frondoni R. & Rosati L., 2000. *Ecosystem classification and mapping: A proposal for Italian landscapes*. Applied Vegetation Science, 3 (2), 233–242.
- Bacchetta G., Bagella S., Biondi E., Farris E., Filigheddu R., Mossa L., 2009. Vegetazione forestale e serie di vegetazione della Sardegna (con rappresentazione cartografica alla scala 1:350.000). Fitosociologia, 46(1) suppl. 1: 3-82.
- Bacchetta G., Bagella S., Biondi E., Casti M., Farris E., Filigheddu R., Iriti G., Pontecorvo C., 2010. Carta delle Serie di Vegetazione della regione Sardegna. In Blasi C. (ed.). La Vegetazione d'Italia, Carta delle Serie di Vegetazione, scala 1:500.000. Palombi & Partner S.r.l. Roma.
- Canu S., Rosati L., Fiori M., Motroni A., Filigheddu R., Farris E., 2015. Bioclimate map of Sardinia (Italy). Journal of Maps (Taylor and Francis eds.), Volume 11, Issue 5, pages 711-718. - DOI: 10.1080/17445647.2014.988187.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 25(15), 1965–1978. doi:10.1002/joc.1276.
- IPCC, 2013. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Rivas-Martínez S., Rivas-Sáenz S., Merino AP., 2011. *Worldwide Bioclimatic Classification System*. Global Geobotany 1: 1-638.
- Russell, G.L., A.A. Lacis, D.H. Rind, C. Colose, and R.F. Opstbaum, 2013: *Fast atmosphere-ocean model runs with large changes in CO2*. Geophys. Res. Lett., 40, 5787-5792, doi:10.1002/2013GL056755.

# ADATTAMENTO DELLA PRATICA AGRICOLA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: ALCUNI ESEMPI DALLA PIANURA PADANA

## AGRICULTURAL ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE: SOME PRACTICAL EXAMPLES FROM THE PO RIVER PLAIN

William Pratizzoli<sup>1\*</sup>, Vittorio Marletto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Arpa Emilia-Romagna, Servizio IdroMeteoClima, viale Antonio Silvani 6, 40122, Bologna

\*[wpratizzoli@arpa.emr.it](mailto:wpratizzoli@arpa.emr.it) [vmarletto@arpa.emr.it](mailto:vmarletto@arpa.emr.it)

### Abstract

Climate change in Italy produces higher temperatures and more extreme weather events, with more frequent early heat waves, concentrated and heavy rains, long dry spells. Here we show a number of practical cases and proposals of agricultural adaptation to climate change: biomulching of maize and other spring crops in order to reduce soil evaporation and irrigation needs, to shorten the growing season and improve production quality; plastic covers to protect cherry trees from excess spring rainfall, to avoid berry cracking; switching from spring-summer crops to autumn-spring ones, and, for fruit trees, from late to early maturing varieties to avoid heat related risks; the use of nets in orchard trees to protect fruit from manifold risks from new and old aggressive pests like codling moth, Chinese stink bug, crows, heat burns.

### Parole chiave

biopacciamatura, protezione meccanica, scelte varietali, nuove avversità

### Keywords

Biomulching, mechanic crop protection, new crops and varieties, new pests

### Introduzione

In Italia da una trentina d'anni a questa parte il clima è progressivamente cambiato (Esposito et al., 2015), di conseguenza la necessità di adattare l'agricoltura alle nuove condizioni climatiche è stata espressa in documenti pubblici (Ammassari et al., 2012). Sul tema dell'adattamento sono stati anche realizzati due progetti finalizzati sostenuti da Mipaaf e Crea ([www.climagri.it](http://www.climagri.it), [www.agrosenari.it](http://www.agrosenari.it)). Pur essendo stata pubblicata a cura del Ministero dell'ambiente una Strategia nazionale di adattamento (Castellari et al., 2014) non è al momento disponibile una pianificazione generale per l'adattamento agricolo a cura degli organismi preposti. Tuttavia sono già evidenti consistenti tentativi di adattamento soprattutto in ambito tecnico. Una doverosa premessa da fare, parlando di adattamento e scelte colturali, riguarda l'attuale situazione di globalizzazione dell'offerta di prodotti agricoli che, salvo rare eccezioni, devono competere con offerte a livello europeo e mondiale, il che limita fortemente la libertà di scelta dell'agricoltore. Di seguito forniamo alcuni esempi tratti dalla pratica e alcune proposte ancora sperimentali applicate in pianura padana.

### La questione climatica

La disponibilità di banche dati climatiche di lungo periodo permettono, in ambito agrometeorologico, di evidenziare, al di là di generalizzazioni, variazioni climatiche puntuali confrontando gli andamenti di alcune grandezze in due fasi climatiche successive.

In Emilia-Romagna dal confronto dell'andamento della temperatura (particolarmente della massima giornaliera) e delle precipitazioni (figg. 1 e 2) tra due fasi climatiche successive (1961-1990 e 1991-2015) si può osservare come, seppur interessando tutte le stagioni, le variazioni

climatiche più intense si sono verificate in primavera ed estate per le temperature (con un significativo aumento) e in estate per le precipitazioni (con un'altrettanto significativo calo). Riguardo alle temperature massime (fig.1) si osserva che nel clima recente, da aprile, la curva presenta una tendenza all'aumento più accentuata rispetto al clima passato e che la soglia dei 30 °C, praticamente mai raggiunta nel clima passato, viene mediamente superata con continuità dall'inizio di luglio alla fine di settembre.

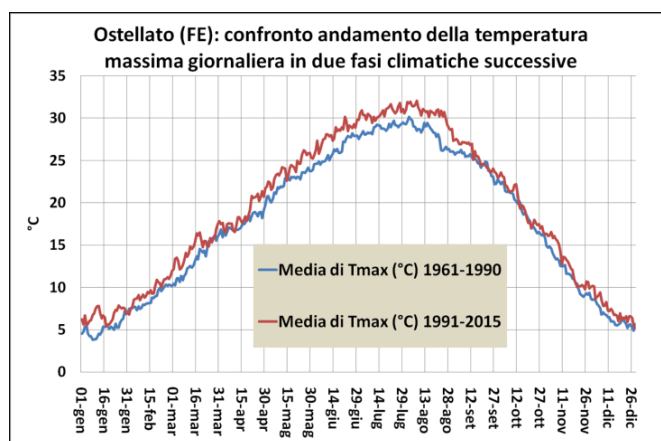


Fig. 1 – Esempio di andamento delle temperatura massima media giornaliera in due fasi climatiche: 1961-1990 e 1991-2015.

Fig. 1 – Example of annual daily temperature range averaged over two climatic periods (1961-1990 vs. 1991-2015) for a location in Emilia-Romagna.

La stagione estiva è quindi soggetta a due variazioni sfavorevoli alla produzione agraria, di cui quella relativa alle temperature, che sempre più di frequente superano quelle ottimali nella fisiologia delle colture usualmente coltivate, pare di controllo meno agevole rispetto alla carenza idrica, affrontabile con piani irrigui.

La disponibilità idrica inoltre non rappresenta sempre garanzia di produttività se le temperature superano frequentemente la soglia critica; a riprova di ciò si può portare l'esperienza riportata durante le storiche ondate di caldo del 2003 e 2012 da chi, particolarmente in frutticoltura, ha osservato una lunga sospensione della crescita dei frutti, nonostante regolari e abbondanti irrigazioni.

Riguardo quindi alle temperature, una prima forma di adattamento è quello di allontanare il ciclo di sviluppo dei vegetali dai periodi climaticamente meno idonei, che abbiamo visto essere quelli estivi.

Parallelamente, evitando le fasi estive, si evitano anche i periodi caratterizzati dai maggiori deficit traspirativi e quindi dalle più elevate esigenze irrigue.

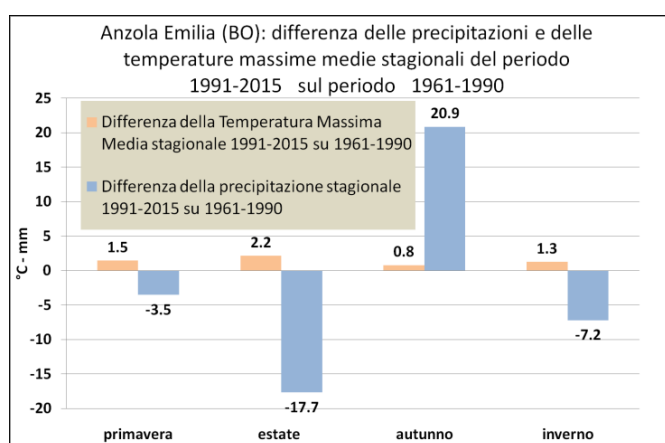


Fig. 2 – Esempio di variazione delle precipitazioni e delle temperature massime medie stagionali calcolate sul periodo 1991-2015 rispetto al periodo 1961-1990.

Fig. 2 – Example of variation of seasonal mean maximum temperature and total precipitation averaged over two climatic periods (1961-1990 vs. 1991-2015) for a location in Emilia-Romagna.

### Colture arboree

Nelle colture arboree una forma di adattamento applicabile nella programmazione degli investimenti colturali è quella di scegliere cultivar precoci rispetto a quelle tardive. L'andamento dei valori della temperatura massima del "nuovo clima" 1991-2015 rispetto alla soglia 30 °C di temperatura massima, in anticipo di circa un mese rispetto al clima passato, suggerisce, per mantenere inalterate le condizioni vegetative delle colture, la scelta di varietà a raccolta più precoce di un periodo di simile ampiezza.

Tra le drupacee, dal punto di vista climatico, in aree vocate e mercato permettendo, sono favorite le coltivazioni del

ciliegio e dell'albicocco, delle susine e delle pesche precoci rispetto a produzioni più tardive.

Tra le pomacee, sempre mercato permettendo, sono favorite le varietà a raccolta precoce che la ricerca genetica mette sempre più diffusamente a disposizione. Nella pericoltura si deve ricordare la varietà Carmen del CRA-FRF a maturazione nella seconda decade di luglio, in anticipo di 20-25 gg rispetto a "William" e 50-60 gg rispetto ad "Abate" che rappresentano gli attuali riferimenti varietali della pericoltura in Emilia (Quadretti, 2012).

I mutamenti climatici si possono esprimere come graduale tendenza all'aumento delle temperature e alla diminuzione delle piogge estive, sia come aumento della frequenza di eventi dannosi, come ondate di caldo o piogge intense. Nel primo caso abbiamo visto che l'adattamento ha l'obiettivo di limitare la graduale perdita produttiva, risparmiare risorse idriche o mantenere livelli qualitativi elevati. Gli eventi estremi, come ondate di calore, insolazioni e piogge intense, hanno anch'essi effetti sulla fisiologia delle colture, ma più immediati e localizzati, che richiedono comunque una risposta di adattamento.

Tra le fisiopatie della frutta rese più frequenti e pericolosi dalle variazioni climatiche si devono elencare le scottature per elevata insolazione in condizioni di gran caldo, e la spaccatura dei frutti (cracking) a seguito di piogge intense su ciliegio in particolare.

L'adattamento nella lotta ai danni da insolazione (scottature) sui fruttiferi può comprendere applicazioni di prodotti in grado di riflettere la radiazione incidente e la climatizzazione mediante irrigazione. A livello operativo tuttavia la protezione da questa fisiopatia viene garantita soprattutto con reti, che in frutticoltura stanno assumendo sempre maggiore diffusione a seguito delle molteplici funzioni che possono svolgere nella difesa.



Fig. 3 – Posa di ecotelo trasparente per la pacciamatura del mais (fonte: Terra e Vita, Edagricole)

Fig 3 – Mulching of a maize field with transparent biofilm (source: Terra e Vita, Edagricole)

Nate per la difesa attiva dalla grandine, che rappresenta tuttora la funzione principale, stanno assumendo anche altre funzioni. Nelle pomacee l'aumento delle temperature ha



certamente aggravato i problemi di difesa contro carpocapsa e vengono quindi proposte, in particolare come difesa biologica, reti anti-insetto a duplice funzione (Alt'Carpo). Le stesse reti potrebbero costituire difese contro un recente temibile parassita, la cimice asiatica (*Halyomorpha alii*), di difficile controllo con gli antiparassitari disponibili, soprattutto nelle attuali tecniche di difesa a bassissimo impatto ambientale. Anche nelle drupacee, ciliegio in particolare, la comparsa di un nuovo parassita, la mosca dei piccoli frutti (*Drosophila suzukii*), vede nell'uso delle reti una soluzione efficace a basso impatto ambientale (Consorzio Fitosanitario Provinciale di Modena, 2014 e 2015). A fianco di queste molteplici funzioni resta da elencare quella di difesa contro danni da volatili (storni e corvidi).

La spaccatura dei frutti (cracking), che colpisce particolarmente le ciliegie, è una fisiopatia causata dalla presenza di precipitazioni intense durante il periodo invaiatura-maturazione, ed è probabilmente accentuata dalle temperature mediamente più elevate dei mesi di maggio e giugno (mutamento climatico), che accelerando le funzioni fisiologiche di assorbimento idrico aggravano il problema. Il metodo di lotta più efficace e quindi di adattamento a questa fisiopatia sembra al momento essere l'utilizzo di teli antipioggia.

### Seminativi

Per i seminativi emergono i vantaggi adattativi di colture autunno-vernine rispetto alle primaverili-estive; una vasta sperimentazione è stata effettuata in questo senso nel progetto AgrosceNari, studiando le possibilità di sostituire, nella filiera dell'alimentazione animale, foraggi estivi con altri, prodotti da colture autunno-vernine (Masoero, 2014).

Il rischio di completo fallimento di colture estive (es. mais, soia) come osservato nel 2003 e 2012 a seguito delle storiche ondate di caldo, non ha mai trovato similitudine in fallimenti di colture a ciclo autunno-primaverile (frumento, orzo, colza) dimostrando la maggiore affidabilità delle coltivazioni che non si sviluppino in estate.

### Il caso del mais: la biopacciamatura

L'obiettivo di evitare i periodi estivi meno favorevoli si può perseguire anche nell'ambito delle colture primaverili-estive anticipando il più possibile il ciclo di sviluppo.

Si porta qui l'esempio della coltura del mais, di cui sono da tempo molto noti i vantaggi della semina anticipata, tecnica supportata dalla continua ricerca di nuovi ibridi idonei.

Negli ultimi anni, inoltre, è stato sperimentato un metodo agronomico innovativo basato sulla pacciamatura biodegradabile con eco-telo trasparente (Fig.3), in grado di anticipare le semine, la fioritura e la raccolta, e migliorare la sanità della granella, potendo in molti casi eliminare completamente l'irrigazione. Sono peraltro in corso sperimentazioni per applicare la biopacciamatura a tutte le principali colture primaverili-estive seminabili a file (mais, girasole, sorgo, fagiolo, arachide, pomodoro, zucchini, riso).

Recenti sperimentazioni in campo hanno in effetti confermato la possibilità di coltivare il mais con pacciamatura biodegradabile senza ricorrere all'irrigazione, questo anche in recenti annate siccitose (Repetti, 2016) con risparmi idrici dell'ordine di 150-250 mm. La nuova tecnica si basa su semine il più possibile anticipate, anche fino a un mese prima della norma, rese possibili dall'effetto serra del telo pacciamante, che può garantire aumenti termici al suolo di 5-6 °C e quindi un considerevole accorciamento del ciclo. Il telo pacciamante inoltre previene l'evaporazione dal terreno, conservando acqua che viene messa quasi completamente a disposizione della coltura (Arioli, 2011 e 2015).

Presentiamo quindi una semplice analisi delle principali grandezze agrometeorologiche coinvolte e dei fattori climatici che permettono e giustificano i risultati di campo già ottenuti. La mappa di fig. 4 mostra l'etp nel periodo considerato (dal 10 marzo al 30 maggio), che rappresenta l'ambito del risparmio idrico per la nuova tecnica.

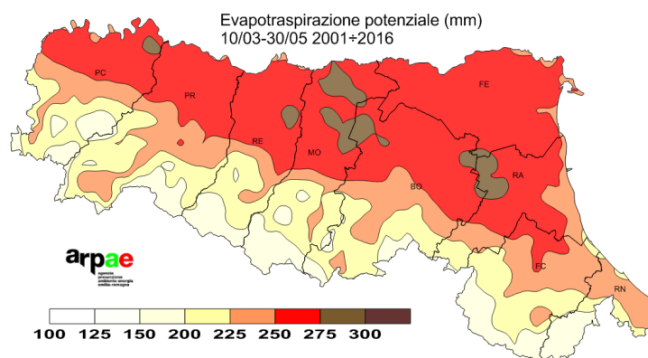


Fig. 4 – Esempio di Etp cumulata tra la semina e la completa espansione fogliare del mais, periodo nel quale è presente la maggiore evaporazione dal suolo.

Fig. 4 – Example of total Pet from maize sowing to complete leaf expansion, when soil evaporation is maximum.

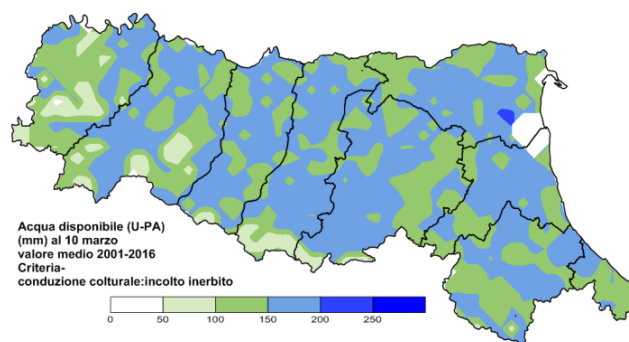


Fig.5 – Contenuto idrico medio (mm) nel 1° metro di terreno (0-100 cm) al 10 marzo stimato dal modello di bilancio Idrico Criteria (periodo 2001-2016)

Fig.5 – Soil water content in the first metre of soil on day March 10th assessed with the Criteria water balance model, averaged over years 2001-2016 in Emilia-Romagna.

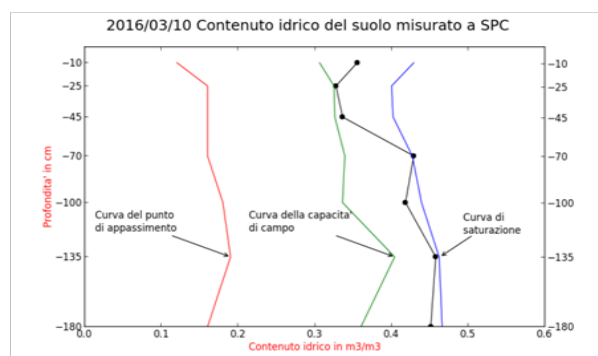


Fig.6 – Misure del contenuto idrico volumetrico (TDR) effettuate presso la base meteo “Giorgio Fea” di Arpae, al 10 marzo 2016 mostrano un profilo compreso tra capacità di campo e saturazione.

Fig. 6 – Soil water content profile ranging from field capacity to saturation, as measured on day March 10<sup>th</sup>, 2016 at the Arpae weather base “Giorgio Fea”, Emilia-Romagna.

Il clima recente sembra in genere garantire elevate dotazioni idriche a fine inverno (fig. 5) e anche gli scenari climatici futuri confermano questa disponibilità (Tomozeiu et al., 2010).

Questi quantitativi, in assenza di pacciamatura, verrebbero persi prevalentemente per evaporazione nelle prime fasi di sviluppo della coltura primaverile estiva. Prime stime climatiche, da valutare ancora con attenzione, ottenute dal modello di bilancio idrico agronomico Criteri (www.tinyurl.com/criteriamodel) indicano valori di evaporazione evitata di circa 70 mm.

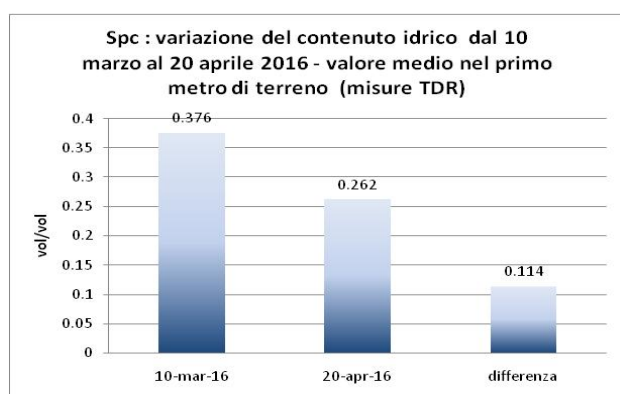


Fig. 7 – Variazione del contenuto idrico volumetrico relativo al 1° metro di terreno in base a valori misurati presso la base meteo “Giorgio Fea” di Arpae dal 10 marzo al 20 aprile 2016.

Fig.7 – Variation of total soil water content fraction from March 10<sup>th</sup> to April 20<sup>th</sup>, as measured at the Arpae weather base “Giorgio Fea”, Emilia-Romagna.

In primavera particolari come quella 2016 si possono raggiungere perdite di umidità dal terreno di oltre 100 mm in soli 40 gg, come confermato anche dalle misure effettuate su suolo inerbito presso la base meteo “Giorgio

Fea” di Arpae, dal 10 marzo al 20 aprile (figg. 6 e 7). Con un anticipo della semina al 10 marzo, reso possibile da una pacciamatura coprente il terreno all’85%, avremmo un accantonamento idrico nel suolo di circa 100 mm (due irrigazioni estive tipiche).

Considerando l’intero periodo dal 10 marzo al 30 maggio, l’Etp media (2001-2016) supera i 250 mm in pianura (fig. 8): la nuova tecnica consentirebbe di evitarne buona parte degli effetti sul bilancio idrico della coltura.

Data la semina anticipata al 10 marzo, resa possibile dall’effetto termico dei teli, si può ipotizzare un corrispondente anticipo nella raccolta di circa 15 gg, passando quindi dal 30 al 15 agosto. Climaticamente le perdite per evapotraspirazione evitabili in questo periodo sono prossime a 70 mm.

Le risorse messe a disposizione dalla nuova tecnica, rispetto a quella normale, si possono quindi al momento stimare in circa 150 mm (70-100 per mancata evaporazione primaverile, più circa 70 per anticipo della raccolta).

## Conclusioni

E’ evidente la necessità di pianificare con cura l’adattamento ai cambiamenti climatici in agricoltura e di costituire un repertorio di buone tecniche di comprovata affidabilità per l’adattamento della nostra agricoltura alle nuove condizioni climatiche, tanto più che le proiezioni disponibili per i prossimi decenni confermano le tendenze in atto.

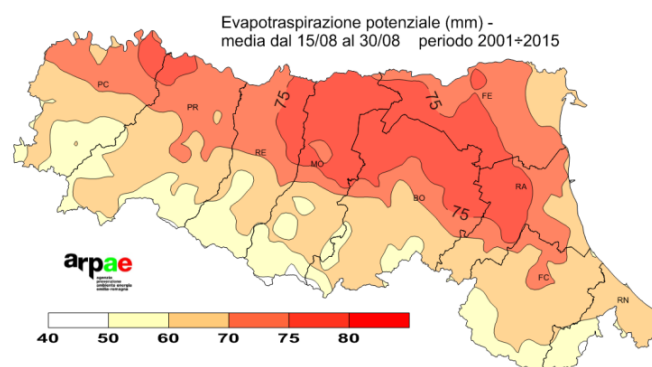


Fig. 8 – Etp media (mm) della seconda metà di agosto dal 2001 al 2015 in Emilia Romagna.

Fig.8 – Total Pet (mm) in the second half of August averaged over years 2001 to 2015 in Emilia-Romagna.

## Bibliografia

Ammassari et al., 2011. Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l’adattamento ai cambiamenti climatici. Libro bianco Rete rurale nazionale <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5800>

Arioli A., 2011. Coltivazione sostenibile del mais con microirrigazione e aridocoltura. Terra e vita 47-2011

Arioli A., 2015. Pacciamatura per erbacee. Terra e vita 25-2015

Castellari S., 2014. Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. <http://www.minambiente.it/notizie/strategia-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-0>

Consorzio Fitosanitario Provinciale di Modena, 2014. *Drosophila suzukii* e Mosca del ciliegio. Notiziario fitopatologico, aprile 2014.

Consorzio Fitosanitario Provinciale di Modena, 2015. L'estate calda di *Halyomorpha halys*. Notiziario fitopatologico, dicembre 2015.

Esposito S. et al., 2015. Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici. Crea-Cma, 264 pp. [cma.entecra.it/atlante.htm](http://www.agroscenari.it/atlante.htm)

[http://www.agroscenari.it/scheda\\_ricerca4.asp](http://www.agroscenari.it/scheda_ricerca4.asp)

Masoero F., 2014. Studio di sistemi colturali innovativi per la produzione di cereali in condizioni di ridotta disponibilità idrica e destinati alle filiere zootecniche DOP.

Quadretti R., 2012. Carmen: la pera italiana precoce del CRA-FRF. <http://www.freshplaza.it/article/45460/Carmen-la-pera-italiana-precoce-del-CRA-FRF-coltivata-con-successo-anche-nel-resto-del-mondo>

Repetti O., 2016. Mais senza irrigare con il telo pacciamante. Terra e vita 6-2016

Tomozeiu R., F. Tomei G. Villani M. Pasqui V. Marletto L. Botarelli, 2010. Climate change scenarios of temperature and precipitation over five Italian regions for the period 2021-2050 obtained by statistical downscaling models. 10th EMS Annual Meeting - 8th European Conference on Applied Climatology (ECAC ) 13 – 17 September 2010 Zürich, Switzerland

# L'IMPORTANZA DEI FATTORI BIOCLIMATICI, DELLA PEDOLOGIA E DEL LAND COVER NELLA MAPPATURA DEL CARBONIO ORGANICO DEL SUOLO CON UN APPROCCI GEOSTATISTICI: IL CASO DELLE AREE PIANEGGianti DELLA PIANURA PADANA (LOMBARDIA)

## *THE IMPORTANCE OF BIOCLIMATIC, PEDOLOGY AND LAND COVER ON MAPPING SOIL ORGANIC CARBON STOCK WITH GEOSTATISTICAL APPROACHES: THE CASE STUDY OF THE FLAT TERRAINS IN PO VALLEY PLAIN (LOMBARDY) AGROECOSYSTEMS*

Calogero Schillaci<sup>1,2</sup>, Sergio Saia<sup>3</sup>, Matteo Santesso<sup>1</sup>, Alessia Perego<sup>1</sup>, Stefano Brenna<sup>4</sup>, Marco Acutis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Agricultural and Environmental Science (DISAA), University of Milan Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

<sup>2</sup> Department of Geosciences, Tübingen University, Germany Rümelinstr 19-23 Tübingen, Germany

<sup>3</sup> Council for Agricultural Research and Economics (CREA), Cereal Research Center (CREA-CER), Foggia, Italy

<sup>4</sup> Regional Agency for Services to the Agriculture and Forests of the Lombardy Region (ERSAF), via Pola 12, 20124 Milan, Italy

\*sergio.saia@crea.gov.it

**Abstract:** Estimating soil organic carbon (SOC) stock, its distribution and turnover is acquiring increasing interest in the last decades due its role on the variation in the greenhouse gases in the atmosphere. The estimation of SOC stock is crucial to evaluate the efficiency in carbon sequestration of agricultural systems. In the present work, we studied the contribution of some environmental variables including mean yearly temperature and rainfall, soil texture and land use to the estimation of SOC stock in the Po valley plain (Lombardy, Italy). Such an aim was achieved by using the ordinary kriging (OK) and Co-kriging (CK) method, which is a local spatial geostatistical approach. The SOC stock dataset used (Lombardy soil sampling database) was provided by Lombardy agriculture and forestry development organization (ERSAF).

In particular climatic, data drawn from a world-based reference (Worldclim); soil texture; and Land cover information were used as predictors of the spatial distribution of the SOC stock. On average, 87% of the data predicted in the present study showed a low deviation (from -34% to +100%) from the measured data. This suggest that the present method is mostly suitable for mapping rather than prediction purposes.

**Keywords:** Soil Organic Carbon, Geostatistic, Worldclim, CORINE, estimation.

**Parole Chiave:** Carbonio organico del suolo, Geostatistica, Worldclim, CORINE, stima.

### Introduction

Soil Organic Carbon (SOC) stock in agricultural land has a pivotal role in soil fertility and several environmental issues including soil and soil fauna preservation and greenhouse gas (GHG) emission mitigation. Targeted agricultural policies in the last decades were implemented to address the farmer's choice to environment-preserving management systems, including reduction of tillage, retention of plant residues on the soil surface and manure spreading, and a reduction of the application of chemical fertilizers (Perego et al., 2013, Acutis et al., 2014;). One of the main aims of these guidelines was to increase biodiversity and soil organic carbon content. However, the effects of climate changes on the emission of GHG from the soil can likely curb these efforts (Follet et al 2010). Nonetheless, GHG emission could be counterbalanced by redrawing the agro-ecosystems management practices to increase soil carbon sequestration potential. To achieve this aim, the knowledge of the climatic and pedological traits and land use classes are crucial to both estimate SOC stock and implement site-specific measure of SOC stock preservation and increase.

The Po valley plain (Lombardy) region is sub-humid and characterized by high-input, intensive cropping systems mostly laying on deep and flat terrains. In addition, such

agro-ecosystems are frequently under irrigation during summer and soil is managed with heavy plowing. Such condition is likely to reduce SOC stock in the topsoil. However, an estimation of the SOC stock of the Po valley and the role of anthropic and environmental traits (both climatic and pedological) on SOC stock content is not available.

With the aim to estimate SOC stock using weather variables, we investigated the influence of rainfall and mean temperature and texture on SOC stock at varying the land use of the soil with Co-kriging (CK) method, a local spatial geostatistical approach .

### Material and Methods

The study area is the Po valley plain (Lombardy, northern Italy), which covers approximately 14000 km<sup>2</sup> and includes mostly flat terrains. The SOC stock and texture data used in the present study consisted in legacy data points mainly from cultivated fields. These data were collected between the 1985 and 2007.

The SOC stock and texture data used for the analysis were 2566 Ap horizon (commonly referred to as topsoil), which was generally 35 cm deep with few exceptions. Data from



different topsoil layers (25, 40, 50 cm) were scaled to 35 cm before analyses.

Meteorological data were drawn from Worldclim (Hijmans, et al 2005). The data used are the yearly mean rainfall and temperature in the 1950-2010 period. The original resolution of the Climatic data is about 1 km. Data from land use class were drawn from CORINE. Data on soil texture were measured by means of the sedimentation method and reported according to the USDA classification (Gee and Bauder, 1986). Data on texture were used to compute mean diameter (D50) according to Gee and Bauder (1986).

SOC stock was modelled in a geostatistical workflow by means of ordinary kriging (OK) and co-kriging implemented with rainfall (R), temperature (T), land use (LU), soil texture (D50) data only, or both LU, R and T (LURT) as covariates (Goovaerts 1999) in order to achieve an information about the prediction importance of each variable on SOC stock prediction. Finally, the co-kriging was used to map SOC stock through the legacy sample data with climatic, soil texture and land use as covariates. Each model was validated by computing  $R^2$  between observed and predicted data on both a raw data and 0.5% quantile basis. Models were compared by means of the root mean square error (RMSE) and the mean absolute error (MAE). In addition, deviation from measured data were computed on both a raw data and 0.5% quantile basis and expressed as percentage.

## Result and discussion

In the present work, we estimated and mapped the SOC stock of the Po valley plain (Lombardy, northern Italy) by means of the ordinary kriging (OK) and co-kriging (CK). In CK, soil texture (expressed as mean diameter of soil fraction, D50), land use (LU), mean yearly rainfall (R), and temperature (T) or a combination of LU, R and T (LURT) were used as covariates.  $R^2$  of each model constructed on raw data were quite low ( $R^2 < 0.22$ , Tab. 1) whereas it strongly increased when analysing data on a quantile<sub>0.005</sub> basis ( $R^2 = 0.989-0.995$ ).

This suggest that distribution of the error between modelled and observed data follows a lognormal trend (Martin et al., 2014). Other experiments found a higher  $R^2$  when using the co-kriging method (Simbahan et al., 2006; Phachomphon et al., 2010). Indeed, Simbahan et al. (2006) used more covariates than the present study. It has been argued that OK e CK best fit observed data when a high density sampling schemes occurs or non-correlated covariates are used (Mabit and Bernard, 2010; Don et al., 2007; Rossi et al., 2009; Yun-Qiang et al., 2009; Spielvogel et al., 2009). In the present study, the morphology was flat and rainfall and temperature variability low and highly correlated each other. This likely reduced the the contribution of these covariates in explaining the variation of the SOC stock if comparing to other experiments (Simbahan et al., 2006; Phachomphon et al., 2010). Nonetheless, a wide difference among the method used in the present study was found for lower quantiles ( $<Q_{0.1}$  corresponding to 21.0 t SOC ha<sup>-1</sup> of

the observed data, Fig. 1), only. In such range, prediction of D50, LU, and OK was higher than T, R, and LURT.

Deviation of LURT model data from measured data (expressed as %) is shown in Fig. 2.

On average, 87% of the data in the present study showed a low deviation (from -34% to +100%). In contrast to other experiments (Simbahan et al., 2006) few differences between OK and CK deviations were found. These results suggest that the present method is mostly suitable for mapping rather than local SOC stock estimating (Fig. 3). However, the increasing deviation at increasing northing of the data, which also corresponds to an increasing mean rainfall and reducing temperature, also suggests that a finer rainfall and temperature sampling than those used in the present study could also contribute to a higher covariation and thus to a higher fit of the prediction (Fig. 3).

## Conclusions

In the present work, ordinary kriging and co-kriging of the SOC of the Po valley plain (Lombardy, northern Italy) was performed. A relatively high deviation from the measured data were found for ca. 17% of the data. This suggest that other methods, an increased spatial resolution of the covariate, and/or the use of additional covariates or predictors could increase the estimation efficiency (Schillaci et al., 2016).

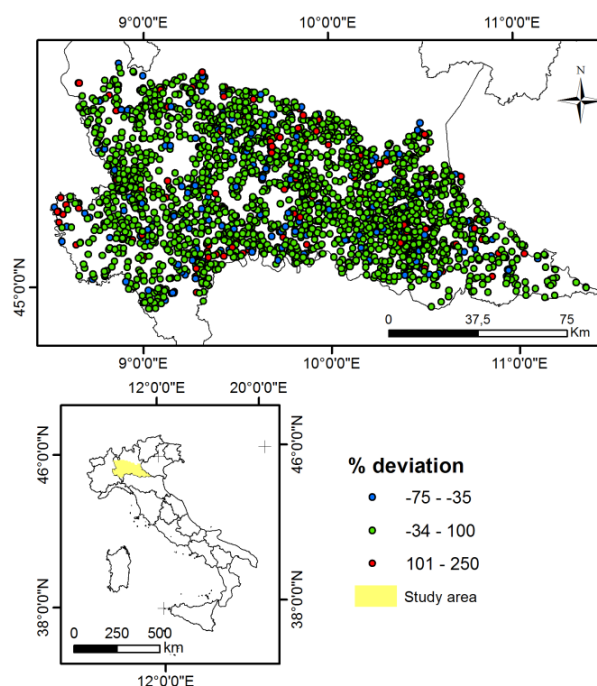


Fig. 2 – Distribution of the datapoints ( $n=2566$ ) in the area under study and % deviation of modelled (LURT co-kriging) to measured data computed on a raw data basis.

Fig. 2 – Distribuzione dei punti di campionamento ( $n=2566$ ) nell'area di studio e deviazione % del modello LURT calcolata sui dati grezzi.

Tab. 1 – Descriptive statistic of the dataset used in the present study (Measured) and of the dataset generated by ordinary kriging (OK) or Co-kriging with either rainfall (R), temperature (T), land use (LU), soil texture (D50) or both R, T and LU (LURT) as covariates. P<sub>5</sub>, P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>, P<sub>95</sub> represents the 5%, 25%, 75%, and 95% percentile of each distribution. R<sup>2</sup> between predicted and observed data was computed on either raw data or on a 5‰ (Q<sub>0.005</sub>, n=13) quantile basis. Mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), normalized RMSE (NRMSE, computed as RMSE/range) and % deviation of predicted from observed data were computed on raw data, only.

Tab. 1 – Statistica descrittiva del database usato nel presente studio (Measured) e di quelli generati attraverso OK e CK usando le precipitazioni (R), temperatura (T), uso del suolo (LU), tessitura (D50) o contemporaneamente R, T e LU (LURT) come covariate. P<sub>5</sub>, P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>, P<sub>95</sub> sono i percentile al 5%, 25%, 75%, e 95% della distribuzione. L'indice R<sup>2</sup> tra dati predetti e osservati è stato calcolato sia sui dati tal quali (raw), sia sulle distribuzioni di quantili al ‰ (Q<sub>0.005</sub>, n=13). L'errore medio assoluto (MAE), quadratico (RMSE) e l'RMSE normalizzato (NRMSE, calcolato come RMSE/range) e la deviazione % dagli osservati sono stati calcolati solo per i dati tal quali.

	Measured	OK	LURT	T	R	LU	D50
Mean	64.0	63.1	63.2	63.2	63.2	63.2	63.0
Standar Error	0.52	0.29	0.27	0.26	0.27	0.30	0.29
Median	58.8	61.2	61.0	61.1	61.2	61.1	61.2
P <sub>5</sub>	29.5	43.3	44.6	45.4	44.6	42.8	42.7
P <sub>25</sub>	46.2	52.7	53.8	54.4	53.7	52.8	52.6
P <sub>75</sub>	76.8	71.6	71.2	70.7	71.1	71.9	71.6
P <sub>95</sub>	112.9	88.6	87.7	86.6	87.5	89.1	88.5
Standar Deviation	26.4	14.7	13.8	13.1	13.9	15.0	14.9
Variance	696.1	216.2	191.3	170.6	192.6	223.9	222.0
Curtosys	2.7	1.3	1.7	2.0	1.7	1.5	1.4
Asymmetry	1.3	0.8	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8
Min	11.8	26.9	26.1	27.3	25.9	24.8	26.2
Max	198.3	134.7	134.9	135.9	135.7	142.0	139.5
R <sup>2</sup> of raw dataset	-	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21
MAE	-	4.2	4.2	4.1	4.2	4.2	4.2
RMSE	-	23.6	23.4	23.3	23.4	23.6	23.6
NRMSE (as %)	-	0.118	0.123	0.120	0.122	0.116	0.117
Min deviation (as %)	-	-72.9	-74.7	-75.3	-74.8	-73.5	-73.1
Max deviation (as %)	-	250.0	280.4	276.7	269.2	258.3	268.2
R <sup>2</sup> of Q <sub>0.005</sub>	-	0.989	0.995	0.994	0.994	0.992	0.991

## References

Acutis M., Alfieri L., Giussani A., Provolò G., Di Guardo A., Colombini S., Bertoncini G., Castelnovo M., Sali G., Moschini M., Sanna M., Perego A., Carozzi M., Chiodini M.E., Fumagalli M., 2014. ValorE: An integrated and GIS-based decision support system for livestock manure management in the Lombardy region (northern Italy). Land Use Policy, 41, 149–162.

Don, A., Schumacher, J., Scherer-Lorenzen, M., Scholten, T., Schulze, E.-D., 2007. Spatial and vertical variation of soil carbon at two grassland sites—implications for measuring soil carbon stocks. Geoderma 141 (3–4), 272–282.

Follett, R.F., Reed D.A., 2010. "Soil carbon sequestration in grazing lands: societal benefits and policy implications." Rangeland Ecology & Management 63.1 pag: 4-15.

Gee, G.W., Bauder J.W., 1986. Particle-size analysis. p. 383-411. In A Klute (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9 (2ed). American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, Madison, WI.

Goovaerts P., 1999., Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives Geoderma 89 pag: 1–45

Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int J Climatol 25, 1965–1978. doi:10.1002/joc.1276

Mabit, L., Bernard, C., 2010. Spatial distribution and content of soil organic matter in an agricultural field in eastern Canada, as estimated from geostatistical tools. Earth Surf. Proc. Land. 35 (3), 278–283.

Martin, M.P., Orton, T.G., Lacarce, E., Meersmans, J., Saby, N.P.A., Paroissien, J.B., Jolivet, C., Boulonne, L., Arrouays, D., 2014. Evaluation of modelling approaches for predicting the spatial distribution of soil organic carbon stocks at the national scale. Geoderma 223-225, 97–107.

Perego, A., Giussani, A., Fumagalli, M., Sanna, M., Chiodini, M., Carozzi, M., Alfieri, L., Brenna, S., Acutis, M., 2013. Crop rotation, fertilizer types and application timing affecting nitrogen leaching in nitrate vulnerable zones in Po Valley. Italian Journal Of Agrometeorology-Rivista Italiana Di Agrometeorologia, 18: 2, 39-50.

Phachomphon, K. Dlamini, P. Chaplot, V., 2010. Estimating carbon stocks at a regional level using soil information and easily accessible auxiliary variables, Geoderma, Volume 155, 3–4, 15, 372-380,

Rossi, J., Govaerts, A., De Vos, B., Verbist, B., Vervoort, A., Poesen, J., Muys, B., Deckers, J., 2009. Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests — a case study of southeastern Tanzania. Catena 77 (1), 19–27.

Schillaci, C., Lombardo, L., Saia, S., Fantappiè, Märker, M., Acutis, M., 2016. Improving Soil Organic Carbon stock estimates in agricultural topsoil at a regional scale using a Stochastic Gradient Boosting technique. Conference paper at General Assemblies of the European Geosciences Union (EGU) Vienna 17-22/04/2016

Simbahan, G.C. Dobermann, A. Goovaerts, P. Ping, J. Haddix, M. L., 2006. Fine-resolution mapping of soil organic carbon based on multivariate secondary data, Geoderma, Volume 132, 3–4, 471-489

Spielvogel, S., Prietzel, J., Auerswald, K., Koegel-Knabner, I., 2009. Site-specific spatial patterns of soil organic carbon stocks in different landscape units of a high elevation forest including a site with forest dieback. Geoderma 152 (3–4), 218–230.

Yun-Qiang, W., Xing-Chang, Z., Jing-Li, Z., Shun-Ji, L., 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the loess plateau. Pedosphere 19 (4), 486–495.

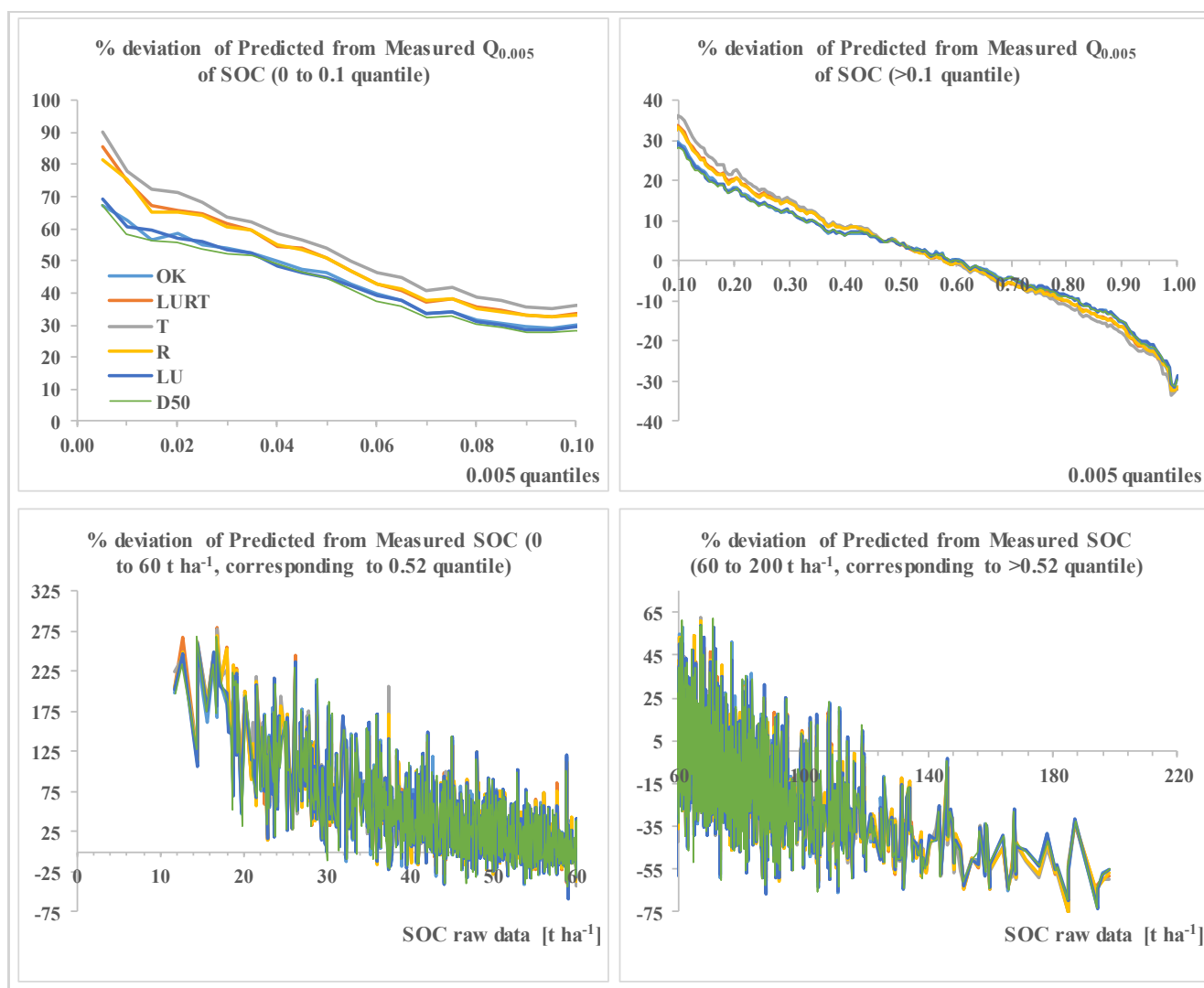


Fig. 1 – % deviation of modelled to measured data computed on a quantile<sub>0.005</sub> (upper panels) and raw data (lower panels) basis. Data are shown from 0 to 10%-quantile (upper left) and from 10%-quantile to the end of the distribution (upper right). Raw data SOC is shown for 0 to 60 t SOC ha<sup>-1</sup> (corresponding to 52%-quantile, lower left panel) and for 60 to 200 t SOC ha<sup>-1</sup> (corresponding to 52%-quantile to the end of the distribution, lower right panel). Please note differences in both x and y-axis units of measure.

Fig. 1 – Deviazione % dei dati modellati rispetto a quelli misurati calcolata sulla scorta dei quantili<sub>0.005</sub> (pannelli superiori) e dei dati grezzi (raw data, pannelli inferiori). I dati sono mostrati per i quantili da 0 al 10% (pannello in alto a sinistra) e dal 10% alla fine della distribuzione (pannello in alto a destra). Le deviazioni dei dati grezzi sono mostrati da 0 a 60 t SOC ha<sup>-1</sup> (corrispondente al quantile al 52%, pannello in basso a sinistra) e da 60 a 200 t SOC ha<sup>-1</sup> (dal quantile 52% alla fine della distribuzione, pannello in basso a destra). Notate le diverse unità di misura sia in ascissa, sia in ordinata.

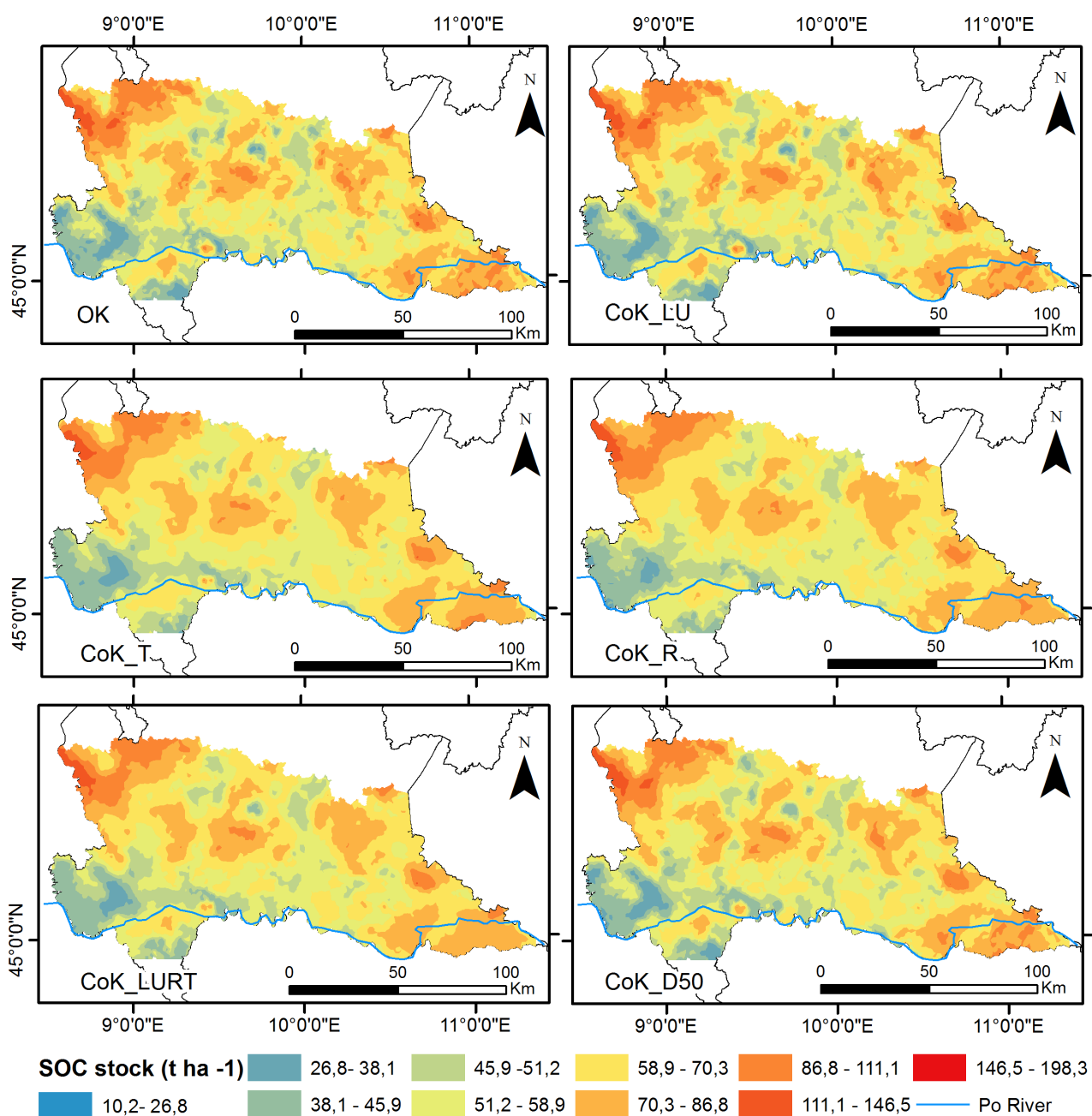


Fig. 3 – Prediction maps of SOC stock: a) Ordinary Kriging, b) Land Use (LU) co-Kriging, c) Temperature (T) co-Kriging, d) Rainfall (R) co-Kriging, e) LURT co-Kriging, f) Texture (D50) co-Kriging.

Fig. 3 – Mappe di predizione dello stock di carbonio nel suolo: a) Ordinary Kriging, b) co-Kriging con uso del suolo (LU), c) co-Kriging con temperatura (T), d) co-Kriging con precipitazioni (R), e) LURT co-Kriging, f) co-Kriging con tessitura (D50).

# EFFETTI DELLA CIMATURA TARDIVA SULLA CV SANGIOVESE COLTIVATA CON IL METODO BIOLOGICO IN DUE STAGIONI CONTRASTANTI

## EFFECTS OF POST-VERAISON TRIMMING ON ORGANICALLY-CULTIVATED CV. SANGIOVESE (*VITIS VINIFERA* L.) IN TWO CONTRASTING SEASONS.

Paola Tessarin<sup>1</sup> e Adamo Domenico Rombolà<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Viale G. Fanin 44, 40127 Bologna, Italia

\* adamo.rombola@unibo.it

### Abstract

In 2013 and 2014, post-veraison (15 Brix) late trimming (LT), was compared with untrimmed control (CK) and early (pea-size) trimming (ET). In 2013, high daily temperatures were recorded during ripening, total rainfall was 433 mm. In 2014 average temperatures were below seasonal normal, total rainfall was abundant (489 mm). Lower concentrations of berry skin anthocyanins, total phenolics, berry juice soluble solids, pH, higher titratable acidity and organic acids values were detected in 2014 respect to 2013. In contrasting climatic seasons, LT increased berry skin anthocyanin and phenolic concentration without modifying berry soluble solids, pH and titratable acidity, reduced malic acid levels at harvest, contained plant productivity, loosened clusters, limited the severity of *Botrytis* cluster rot. Improved berry color and decreased malic acid levels were observed in ET vines only in 2013. Bunches from ET plants showed higher compactness and discoloration compared with those of LT vines.

### Parole chiave italiano

ANTOCIANI, FENOLI, GESTIONE DELLA CHIOMA, RIMOZIONE DELL'APICE, VITICOLTURA BIOLOGICA.

### Keywords english

ANTHOCYANINS, PHENOLS, CANOPY MANAGEMENT, TOPPING, ORGANIC VITICULTURE.

### Introduzione

Nei vigneti condotti con il metodo biologico, accuratezza e tempestività degli interventi di gestione della chioma sono fondamentali per evitare affastellamenti della vegetazione che favoriscano lo sviluppo di patogeni e ostacolino la penetrazione dei prodotti per la difesa (Rombolà *et al.*, 2014, Rombolà *et al.*, 2015). Tali tecniche devono, inoltre, migliorare il processo di maturazione della bacca, la sincronizzazione tra maturità tecnologica e fenolica, consentire l'ottenimento di uve e vini di elevata qualità, in un contesto di cambiamento climatico.

Un'accurata gestione della chioma è, infatti, fondamentale per ovviare a problematiche quali il disaccoppiamento tra maturità tecnologica e fenolica delle uve, fenomeno di intensità variabile in relazione a decorso meteorologico e *terroir* (Rombolà *et al.*, 2011, Bondada *et al.*, 2016) che risulta particolarmente ricorrente in Sangiovese, varietà caratterizzata da un delicato profilo antocianico.

A causa di questo sfasamento, piuttosto pronunciato in annate caratterizzate da elevate temperature e scarse precipitazioni piovose, si tende a posticipare la data di raccolta, con il rischio di incrementare ulteriormente il tenore zuccherino della bacca e, conseguentemente il grado alcolico del vino, alterare il rapporto acidi/zuccheri, la composizione aromatica delle uve e rendere i grappoli più suscettibili ad attacchi botritici.

In mosti troppo alcolici possono, inoltre, verificarsi anomalie nello svolgimento di fermentazione alcolica e malo-lattica, con ripercussioni negative sulle caratteristiche

sensoriali del vino. Il disaccoppiamento può compromettere la riconoscibilità dei vini e comportarne il declassamento nelle aree a Denominazione di Origine Protetta (DOP). E', inoltre, importante sottolineare che i produttori di vino biologico non possono ricorrere alla de-alcolizzazione (Reg EC 203/2012) e devono pertanto centrare l'obiettivo enologico, agendo quasi esclusivamente sulla tecnica culturale.

Per questi motivi è sempre più importante l'individuazione di strategie flessibili di gestione della chioma, idonee a modulare i livelli di composti fenolici e zuccheri nelle uve. Tali strategie assumono un ruolo cruciale in viticoltura biologica.

Tuttavia, gli studi concernenti l'effetto degli interventi in verde su maturazione della bacca, disaccoppiamento tra maturità tecnologica e fenolica, qualità del prodotto finale, condotti in vigneti biologici, risultano sorprendentemente scarsi (Rombolà *et al.*, 2014, Rombolà *et al.*, 2015). La cimatura è un'intervento in verde comunemente adottato per contenere il volume della chioma, migliorare la composizione della bacca e facilitare la transitabilità nel vigneto, le cui conseguenze dipendono da intensità ed epoca di imposizione. Tuttavia, alcuni viticoltori biologici e biodinamici preferiscono non cimare, soprattutto in annate calde, lasciando germogli lunghi in grado di creare, nelle ore più calde della giornata, una sorta di ombrello protettivo per i grappoli (accucciatura). In altri casi, si preferisce adottare l'accapannatura, tecnica che prevede il mantenimento dell'apice vegetativo e l'affasciatura,

sull'ultimo filo di contenimento della parete vegetativa, delle porzioni distali dei germogli. Recentemente è stato evidenziato un ruolo positivo della cimatura tardiva (post-invaiaura) nel ridurre il fenomeno di disaccoppiamento tra maturità fenolica e tecnologica, contenendo l'accumulo di solidi solubili alla raccolta su piante già sottoposte a cimatura nel corso della stagione vegetativa (Rombolà *et al.* 2011, Bondada *et al.* 2016). La presente ricerca ha confrontato, per la prima volta, piante sottoposte a cimatura tardiva con controlli non cimati al fine di acquisire, anche per quest'ultimi, dati sperimentali su comportamento vegeto-produttivo, suscettibilità a patogeni e composizione chimica delle uve, in un contesto di cambiamento climatico.

## Materiali e Metodi

L'esperimento è stato condotto nel biennio 2013-2014 in Romagna (Tebano, Faenza, RA), in un vigneto biologico (Reg. CE 834/2007) della cv Sangiovese, innestata su Kober 5BB ed allevata a cordone speronato, gestito senza apporto di fertilizzanti e acqua irrigua dal 2007. Il disegno sperimentale ha previsto l'imposizione di 3 trattamenti, replicati 3 volte, in blocchi randomizzati: controllo, germogli lunghi (24 nodi); cimatura in post-allegagione al 18° nodo; cimatura tardiva, in post invaiatura (15 Brix) al 14° nodo. Per ogni trattamento sperimentale sono state monitorate 30 piante, per un totale di 90 piante. La gestione del suolo ha previsto l'inerbimento totale e la semina annualmente, a filari alterni, di essenze selezionate (es. favino, orzo, trifoglio sotterraneo, veccia). Lo sfalcio, senza interrimento della biomassa, è stato ritardato sino al termine del periodo primaverile.

Sono stati applicati trattamenti per la difesa, utilizzando prodotti ammessi dal Regolamento della Comunità Europea, EC, 2002. I trattamenti consistevano principalmente in rame (in media 6 kg/ettaro/anno) e zolfo (in media 70 kg/ha/year), che hanno permesso il controllo di patogeni fungini (*Plasmopara viticola*, *Uncinula necator* e *Botrytis cinerea*).

A fine Febbraio, le viti sono state potate a due nodi/gemme visibili per sperone, corrispondenti a 12-14 nodi per vite. All'inizio della stagione il numero di germogli per pianta è stato reso omogeneo, lasciandone 12 per metro di cordone. Il numero di grappoli è stato uniformato tramite diradamento, mantenendone un numero massimo di 16 per pianta.

Sono stati valutati i parametri fisiologici, vegetativi e produttivi della vite. Sono stati analizzati il peso medio, i parametri tecnologici (Brix, acidità titolabile, pH), il livello di acidi organici (tartarico e malico) della bacca, la concentrazione di antociani e polifenoli totali della buccia.

Sono stati determinati i parametri qualitativi (compattezza, decolorazione) e lo stato sanitario dei grappoli alla raccolta. I dati parametrici sono stati analizzati tramite ANOVA (SAS 9.0, SAS INSTITUTE, CARY, NC, USA) e test SNK; i dati non parametrici sono stati elaborati con test Kruskal-Wallis seguito da Dunn's Test.

I dati climatici: temperatura minima, massima e media dell'aria (T), umidità relativa (UR) e precipitazioni piovose,

sono state registrate in una stazione meteorologica ubicata 800 m dal vigneto che ha ospitato la prova.

## Risultati e Discussione

Nel 2013, la T massima è stata registrata all'inizio di Agosto (40°C). Nel corso della stagione vegetativa, l'entità delle precipitazioni piovose, verificatesi prevalentemente in primavera, alla fine di agosto (55 mm) e nella seconda metà di Settembre (52 mm), è risultata pari a 433 mm.

L'annata 2014, in generale, è stata caratterizzata da temperature medie ben al di sotto della media stagionale. Sono stati registrati picchi nelle temperature massime (32 °C) al termine del periodo primaverile ed il 20 Luglio. A partire dalla seconda metà di Aprile, sino alla raccolta, le precipitazioni piovose sono risultate abbondanti (489 mm) e piuttosto frequenti sia in primavera che in estate.

Nel 2013, le temperature dei grappoli esposti, nelle ore più calde della giornata (dalle 15.00 alle 16.00), hanno raggiunto il valore massimo di 44.7 °C ad inizio Settembre, per poi mostrare un trend decrescente in pre-raccolta, quando il valore minimo è stato registrato (25.3 °C). Anche nel 2014, si è osservato, sui grappoli esposti, nelle ore più calde, un trend discendente, da valori massimi di 33.6 °C (29 Luglio) a valori minimi di 25.5 °C in pre-raccolta.

Gli interventi di cimatura non hanno modificato la temperatura ed il livello di radiazione fotosinteticamente attiva sui grappoli.

La minore concentrazione di antociani e polifenoli totali nelle bucce, i minori livelli di solidi solubili, pH, la maggiore acidità titolabile e concentrazione di acido malico rilevati nel 2014, rispetto al 2013, sono, in parte riconducibili alle diverse condizioni climatiche riscontrate nel corso della maturazione. A conferma di ciò, anche lo stato idrico delle piante, che hanno presentato valori più negativi di potenziale idrico del fusto nel primo anno.

In entrambe le annate, caratterizzate da condizioni climatiche contrastanti, la cimatura tardiva ha prodotto un aumento della concentrazione di antociani (+0,32 mg/g di buccia nel 2013; +0,50 mg/g di buccia nel 2014) e di polifenoli totali (+2,56 mg/g di buccia nel 2013; +1,70 mg/g di buccia nel 2014) rispetto al controllo, senza alterare il livello di solidi solubili, pH ed acidità titolabile della bacca.

Tale intervento ha, inoltre, determinato un calo della concentrazione di acido malico alla raccolta (-0,52 mg/g PF, 2013; -0,65 mg/g PF, 2014), senza alterare i livelli di acido tartarico, rispetto al controllo.

La cimatura in post-invaiaura ha consentito di contenere la produttività per pianta e di ottenere grappoli più spargoli. In particolare, ha prodotto un calo di produttività pari a 0,76 kg nel 2013 e 1,63 kg nel 2014, rispetto al controllo e di 1,02 kg nel 2013 e 1,54 kg nel 2014, rispetto alla cimatura in post-allegagione. Questi risultati sono in accordo con quanto riscontrato in una sperimentazione pluriennale condotta sulla stessa varietà, in un sito sperimentale limitrofo, in cui a viti già sottoposte a cimatura nel corso della stagione vegetativa, era stato imposto un ulteriore intervento di cimatura in post-invaiaura (Rombolà *et al.*



2011, Bondada *et al.* 2016). La cimatura tardiva ha consentito di limitare, nel 2014, annata caratterizzata da frequenti precipitazioni piovose nel corso della maturazione, la severità della *Botrytis*, che è risultata molto inferiore nelle piante cimate tardivamente (16%) rispetto al controllo (57%) ed alle viti sottoposte a cimatura all'allegagione (37%). La maggiore concentrazione di polifenoli della buccia potrebbe contribuire a spiegare l'effetto osservato su tale patogeno. La possibilità di limitare la severità della *Botrytis*, soprattutto in annate particolarmente piovose, assume un'importanza fondamentale in viticoltura biologica, a causa dell'assenza di prodotti efficaci per la difesa da tale patogeno. La cimatura in post-allegagione ha indotto un aumento della concentrazione di antociani (+0,58 mg/g di buccia) e di polifenoli totali (+2,76 mg/g di buccia) ed un calo di acido malico (-0,53 mg/g PF) rispetto al controllo solamente nel 2013 ed ha prodotto grappoli con un maggiore livello di compattezza e decolorazione rispetto a quelli delle piante cimate in post-invaiaitura. La cimatura in post-allegagione non ha modificato la concentrazione di acido tartarico rispetto al controllo.

### Conclusioni

La cimatura tardiva è risultata una pratica efficace nel migliorare il contenuto di antociani e polifenoli totali della buccia, senza alterare i parametri tecnologici, indipendentemente dal decorso meteorologico. Gli effetti riscontrati non appaiono strettamente ancorati ai cambiamenti indotti da tale intervento sui rapporti source-sink. La ricerca sottolinea la necessità di investigare le possibili implicazioni degli interventi di cimatura tardiva sull'equilibrio ormonale della pianta.

### Bibliografia

Bondada B., Covarrubias J.I., Tessarin P., Boliani A.C., Marodin G., Rombolà A.D. 2016. Post-veraison shoot trimming reduces cluster compactness without compromising fruit quality attributes in organically-grown Sangiovese grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 67 (2): 206-211.

Botelho R.V., Roberti R., Tessarin P., Garcia-Mina J.M., Rombolà A.D., 2016. Physiological responses of grapevines to biodynamic management. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1-12. doi:10.1017/S1742170515000320.

Rombolà A.D., Covarrubias J.I., Boliani A.C., Marodin G.A., Ingrosso E., Intrieri C., 2011. Post-veraison trimming practices for slowing down berry sugar accumulation and tuning technological and phenolic maturity. In: *Le progrès agricoles et viticoles. Hors série-special Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Meeting of Viticulture GiESCO*, Asti-Alba (Italy), August 29<sup>th</sup> - September 2<sup>nd</sup> 2011, 567-569.

Rombolà A.D., Botelho R.V., Tessarin P., Bombai G., Knuttzen E., 2014 Gestione del suolo e della chioma in sistemi viticoli altamente sostenibili. Contributo al V

Convegno Nazionale di Viticoltura CONAVI, Foggia. 1-3 Luglio 2014. *Acta Italus Hortus*, 13: 183-184.

Rombola A.D., Tessarin P., Tumbarello G., Parpinello G.P., Versari A. 2015. Evaluation of Soil and Canopy Management Strategies in Highly Sustainable Viticultural Systems. *Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Meeting of Viticulture GiESCO*, Pech Rouge-Montpellier (France), May 31<sup>st</sup> - June 5<sup>th</sup>, 2015, 95-98.

# EFFETTI DELLA DEFOGLIAZIONE TARDIVA SULLA CV SANGIOVESE (VITIS VINIFERA L.) COLTIVATA CON IL METODO BIOLOGICO IN DUE STAGIONI CONTRASTANTI

## EFFECTS OF BUNCH-ZONE LATE DEFOLIATIONS ON GRAPE COMPOSITION AND QUALITY IN ORGANICALLY-CULTIVATED CV. SANGIOVESE (VITIS VINIFERA L.) UNDER DIFFERENT CLIMATIC CONDITIONS

Paola Tessarin e Adamo Domenico Rombolà\*

Dipartimento di Scienze Agrarie, Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Viale G. Fanin 44, 40127 Bologna, Italia.

\*adamo.rombola@unibo.it

### Abstract

In a context of climate change, where high temperatures are frequent in the first phases of ripening, protecting bunches from solar radiation is essential to preserve berry color. In 2013 and 2014, vines submitted to post-veraison (15 Brix), pre-harvest late defoliations and post-veraison shoot positioning were compared with untreated controls. In these two contrasting seasons, late defoliations enhanced berry skin flavonols without modifying anthocyanins concentration, berry soluble solids, pH and titratable acidity. Late defoliations and shoot positioning did not change bunch morphology, while limited the severity of *Botrytis* cluster rot. Treatments did not modify leaf photosynthetic activity, stomatal conductance, percentage of budburst, shoot fruitfulness. Increasing flavonols through agronomic approaches is of paramount importance for improving the color of young (co-pigmentation) and older (formation of polymeric pigments) wines.

### Parole chiave

ANTOCIANI, BOTRYTIS, FLAVONOLI, GESTIONE DELLA CHIOMA, INTERVENTI IN VERDE, VITICOLTURA BIOLOGICA.

### Keywords

ANTHOCYANINS, CANOPY MANAGEMENT, CLUSTER ROT, FLAVONOLS, ORGANIC VITICULTURE, SUMMER PRUNING.

### Introduzione

Il metodo di coltivazione biologico sta registrando un crescente sviluppo, soprattutto nel settore vitivinicolo (O.I.V, 2015; Parpinello *et al.*, 2015; Rombolà *et al.*, 2014; Rombolà *et al.*, 2015; Botelho *et al.*, 2016), in virtù del ruolo culturale e sociale svolto dal vino.

Nei vigneti biologici, tutte le strategie agronomiche, incluse la gestione del suolo e della chioma sono mirate a preservare e migliorare lo stato sanitario e la capacità di resilienza della pianta nei confronti di stress biotici ed abiotici, migliorando le caratteristiche qualitative delle uve (Botelho *et al.*, 2016; Tessarin *et al.*, 2016).

La gestione della chioma gioca un ruolo fondamentale nel modulare la composizione delle uve, ovviando a problematiche quali il disaccoppiamento tra maturità tecnologica e fenolica delle uve, fenomeno di intensità variabile in relazione a decorso meteorologico e *terroir* particolarmente ricorrente in Sangiovese (Rombolà *et al.*, 2011; Bondada *et al.*, 2016).

In un contesto di cambiamento climatico, i viticoltori che adottano il metodo di coltivazione biologico, ricorrono ad un vasto repertorio di interventi in verde (es. cimatura, defogliazione, posizionamento dei germogli) al fine di preservare e migliorare la qualità delle uve. Tuttavia, attualmente, le informazioni concernenti gli effetti delle tecniche di gestione della chioma sulla fisiologia della pianta e le caratteristiche compositive della bacca in vigneti

biologici sono piuttosto scarse (Rombolà *et al.*, 2011; Bondada *et al.*, 2016).

La defogliazione tardiva (imposta ad inizio invaiatura o nelle fasi successive) è una pratica frequentemente adottata, che permette di stabilire condizioni microclimatiche che contengano lo sviluppo di patogeni fungini (es. *Botrytis cinerea*) e di mantenere grappoli sani sulla pianta fino all'inizio dell'autunno, per il raggiungimento di adeguati livelli di composti fenolici ed aromatici.

Gli effetti della rimozione basale delle foglie all'invaiatura (Matus *et al.*, 2008; Pastore *et al.*, 2013), all'inizio o alla fine di tale fase (Tessarin *et al.*, 2014), sono stati discussi in ricerche precedenti condotte su diverse varietà, quali Sangiovese, Cabernet Sauvignon e Uva Longanesi. Le implicazioni di diverse modalità ed intensità di defogliazione tardiva della fascia dei grappoli (imposta ad invaiatura completa, o ad invaiatura completa ed anche in pre-raccolta) sono stati investigati su cv Nero di Troia (Baiano *et al.*, 2015). Altri Autori, hanno, invece, condotto studi focalizzati sugli effetti della rimozione fogliare, al di sopra della fascia produttiva in post-invaiatura, in vaso (Poni *et al.*, 2013) o in pieno campo (Palliotti *et al.*, 2013). In un contesto di cambiamento climatico, in cui elevate temperature sono frequenti nelle prime fasi di maturazione della bacca, la protezione dei grappoli dalla radiazione solare diretta potrebbe contribuire a preservare il colore delle bacche e del vino.

La Ricerca ha investigato, per la prima volta, gli effetti di defogliazioni tardive (post-invaiaura e pre-raccolta) della fascia dei grappoli e del posizionamento dei germogli in post-invaiaura sulla fisiologia delle viti e la composizione di uve Sangiovese, in un vigneto condotto con il metodo biologico.

## Materiali e Metodi

L'esperimento è stato realizzato nel biennio 2013-2014, in Romagna (Tebano, Faenza, RA), in un vigneto biologico (Reg. CE 834/2007) della cv Sangiovese, innestata su Kober 5BB ed allevata a cordone speronato, gestito senza apporto di fertilizzanti e acqua irrigua dal 2007. Il disegno sperimentale ha previsto l'imposizione di 4 trattamenti, replicati 3 volte, in blocchi randomizzati: controllo (CK), germogli lunghi (24 nodi); due epoche di defogliazione basale di foglie e femminelle sino all'8° nodo, imposta in post-invaiaura (15 Brix, DEF I) o pre-raccolta (DEF II); posizionamento di germogli lunghi (24 nodi) con effetto "semi-ballerina" (SB, Dry, 2011), in modo da ombreggiare i grappoli nelle ore più calde della giornata. Per ogni trattamento sperimentale sono state monitorate 30 piante, per un totale di 120 piante. La gestione del suolo ha previsto l'inerbimento totale e la semina, annualmente, a filari alterni, di essenze selezionate (es. favino, orzo, trifoglio sotterraneo, veccia). Lo sfalcio, senza interrimento della biomassa, è stato ritardato sino al termine del periodo primaverile.

Sono stati applicati trattamenti per la difesa, utilizzando prodotti ammessi dal Regolamento della Comunità Europea, EC, 2002. I trattamenti consistevano principalmente in rame (in media 6 kg/ettaro/anno) e zolfo (in media 70 kg/ettaro/anno), che hanno permesso il controllo di patogeni fungini (*Plasmopara viticola*, *Uncinula necator* e *Botrytis cinerea*).

A fine Febbraio, le viti sono state potate a due nodi/gemme visibili per sperone, corrispondenti a 12-14 nodi per vite. All'inizio della stagione il numero di germogli per pianta è stato reso omogeneo, lasciandone 12 per metro di cordone. Il numero di grappoli è stato uniformato tramite diradamento, mantenendone un numero massimo di 16 per pianta.

Sono stati valutati i parametri fisiologici, vegeto- produttivi della vite. Sono stati analizzati il peso medio, i parametri tecnologici (solidi solubili totali, acidità titolabile, pH), della bacca, la concentrazione di antociani e flavonoli della buccia.

Sono stati determinati i parametri qualitativi (compattezza), morfologici e lo stato sanitario dei grappoli alla raccolta.

I dati parametrici sono stati analizzati tramite ANOVA (SAS 9.0, SAS INSTITUTE, CARY, NC, USA) e test SNK; i dati non parametrici sono stati elaborati con test Kruskal-Wallis seguito da Dunn's Test.

I dati climatici: temperatura minima, massima e media dell'aria (T), umidità relativa (UR) e precipitazioni piovose, sono state registrate in una stazione meteorologica ubicata 800 m dal vigneto che ha ospitato la prova.

## Risultati e Discussione

Nel 2013, la T massima è stata registrata all'inizio di Agosto (40 °C). Nel corso della stagione vegetativa, l'entità delle precipitazioni piovose, verificatesi prevalentemente in primavera, alla fine di agosto (55 mm) e nella seconda metà di Settembre (52 mm), è risultata pari a 433 mm.

L'annata 2014, in generale, è stata caratterizzata da temperature medie ben al di sotto della media stagionale. Al termine del periodo primaverile, ed in data 20 Luglio, sono stati registrati picchi nelle temperature massime (32 °C). Dalla seconda metà di Aprile alla raccolta, le precipitazioni piovose sono risultate abbondanti (489 mm) e piuttosto frequenti sia in primavera che in estate.

L'effetto della defogliazione tardiva, eseguita in post-invaiaura o pre-raccolta, sulla concentrazione di flavonoli totali nella buccia nel corso della maturazione, è emerso nelle due annate contrastanti. L'incremento dei livelli di tali composti è iniziato dopo l'imposizione dei trattamenti di rimozione fogliare. Alla raccolta, i flavonoli totali sono risultati maggiori nelle bucce di bacche sottoposte a DEF I (+0.54 mg/g di buccia nel 2013, +0.81 mg/g di buccia, nel 2014) e DEF II (+0.45 mg/g di buccia nel 2013, +0.74 mg/g di buccia, nel 2014) rispetto al CK. Il posizionamento dei germogli non ha prodotto effetti sulla concentrazione di flavonoli totali, i cui livelli sono risultati simili a quelli delle bacche del controllo. Nel 2014, la concentrazione dei flavonoli totali nelle bucce di bacche prelevate da piante sottoposte a defogliazione tardiva, è risultata maggiore rispetto all'annata precedente. Questo risultato suggerisce che tale intervento può migliorare la concentrazione di tali composti anche in annate caratterizzate da un decorso meteorologico anomalo. Un incremento nella concentrazione di flavonoli in bacche della cv Sangiovese è stato osservato anche dopo la rimozione basale di foglie e femminelle in pre-fioritura o alla raccolta (Pastore *et al.*, 2013).

Nel 2013, la percentuale dei singoli flavonoli è risultata simile nelle bacche delle viti sottoposte a diverse epoche di defogliazione tardiva, mentre nel 2014 sono state osservate variazioni nella percentuale dei singoli flavonoli.

Gli effetti della defogliazione tardiva sulla composizione in flavonoli alla raccolta potrebbero essere spiegate, in parte, dalla maggiore esposizione dei grappoli alla luce. Nelle misure effettuate nel corso del pomeriggio, la radiazione fotosinteticamente attiva a livello della fascia dei grappoli variava nel range 30-250  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  nelle piante sottoposte a posizionamento dei germogli, 150-250  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  nelle viti di controllo e 1200-2200  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  in quelle defogliate. In queste ore, le più calde della giornata, i grappoli delle viti defogliate, presentavano dopo l'imposizione del trattamento, temperature più elevate rispetto a quelli del controllo e delle viti in cui è stato imposto l'effetto semi-ballerina. Tuttavia, studi precedenti hanno dimostrato che la temperatura presenta un'influenza limitata o nulla sulla sintesi dei flavonoli (Price *et al.*, 1995; Haselgrove *et al.*, 2000; Spayd *et al.*, 2002; Mori *et al.*, 2005). I flavonoli possono avere un ruolo cruciale come co-pigmenti nei vini rossi giovani, stabilizzando gli antociani e

creando associazioni stabili per la formazione di pigmenti polimerici, la cui importanza per la colorazione dei vini sottoposti ad invecchiamento è nota. Ad esempio, vini iconici quali il Brunello di Montalcino sono caratterizzati da lunghi periodi di affinamento (in botti di quercia e bottiglia), al fine di esprimerne pienamente il colore e le caratteristiche organolettiche. Nella presente Ricerca, i trattamenti non hanno modificato il peso medio, ed i parametri tecnologici (solidi solubili, pH ed acidità titolabile) della bacca, la concentrazione di antociani nella buccia e la produttività per pianta. Nella prima annata, tutti i trattamenti hanno presentato, alla raccolta, valori più elevati di solidi solubili totali, pH, antociani e inferiori di acidità titolabile alla raccolta, rispetto al 2014, in conseguenza delle diverse condizioni meteorologiche. A conferma di ciò, anche lo stato idrico delle piante, le quali, nel primo anno, hanno presentato valori più negativi di potenziale idrico del fusto.

Alla raccolta, i valori di peso medio della bacca erano in media 2,5 g, nel 2013 e nel range 2,7-2,9 g, nel 2014; i solidi solubili totali sono risultati nel range 23,6-23,9 Brix, nel 2013, 18,8-19,6 Brix, nel 2014; il valori di pH erano nel range 3,23-3,26 in 2013, 3,14-3,20, nel 2014; l'acidità titolabile variava da 6,8 to 7,2 g/L di acido tartarico, nel 2013, da 8,4 g/L a 8,6 g/L, nel 2014.

I trattamenti non hanno influenzato la concentrazione di antociani nella bacca alla raccolta, i cui valori erano nel range 3,21-4,17 mg/g di buccia nel 2013, 2,18-2,37 mg/g di buccia nel 2014. Il rapporto delle forme 3'-OH/3'-OH alla raccolta è risultato maggiore nelle bucce di bacche di piante sottoposte a defogliazione in post-invaiaura e, nel secondo anno, anche in quelle di viti defogliate in pre-raccolta.

Le defogliazioni tardive ed il posizionamento dei germogli non hanno influenzato il livello di compattezza dei grappoli ed il numero di bacche per grappolo.

Differenze stagionali nel peso dei grappoli si sono riflesse sul rapporto area fogliare-produzione. Infatti, nel 2014, i valori di tale indice risultavano inferiori rispetto a quelli rilevati nel 2013. In entrambe le annate, le defogliazioni tardive hanno ridotto marcatamente il rapporto superficie fogliare-produzione rispetto alle piante di controllo ed a quelle sottoposte a posizionamento dei germogli tramite effetto semi-ballerina. Nel primo anno tutti i trattamenti presentavano valori non limitanti di tali parametro, 1,05-1,75 (Kliewer and Dokoozlian, 2005). Tuttavia, nel secondo anno, le piante sottoposte a defogliazione tardiva, hanno presentato, nel periodo di maturazione successivo all'intervento, valori del rapporto superficie fogliare-produzione inferiori rispetto al range 0.8-1.2 m<sup>2</sup>/kg, suggerito come appropriato (Kliewer and Dokoozlian, 2005). In studi precedenti, una riduzione del livello di solidi solubili alla raccolta è stata riscontrata solamente quando il rapporto superficie fogliare-produzione era inferiore a 0.8-1.2 m<sup>2</sup>/kg (Kliewer and Dokoozlian 2005, Poni *et al.*, 2013). Nella presente Ricerca, la riduzione dell'abbondante area fogliare totale (-30-35%) è occorsa in post-invaiaura, o addirittura in pre-raccolta, e non ha prodotto incrementi

compensativi nell'attività fotosintetica delle foglie rimanenti rispetto al controllo. Questi risultati sono in parte riconducibili alla limitata influenza che la rimozione di foglie vecchie, caratterizzate da una minore attività fotosintetica rispetto a quella delle foglie intermedie o apicali (Kriedman *et al.*, 1970), esercita sui rapporti source-sink.

Nel 2014, la severità della botrite è stata ridotta dalla defogliazione in post-invaiaura e, in minor misura, dal posizionamento dei germogli e dalla rimozione fogliare in pre-raccolta. I dati suggeriscono che in una stagione caratterizzata da elevata piovosità nel periodo di maturazione della bacca, è importante evitare un'eccessiva copertura dei grappoli ed applicare, la rimozione di foglie e femminelle nella fascia dei grappoli preferibilmente in post-invaiaura. La possibilità di ridurre la severità della botrite in grappoli compatti, come quelli che caratterizzano numerosi cloni della cv Sangiovese, è di fondamentale importanza per i viticoltori biologici, in quanto non dispongono, attualmente, di prodotti efficaci contro questo patogeno.

I vantaggi indotti dalla defogliazione tardiva, associati ai positivi risultati recentemente ottenuti nell'ambito della meccanizzazione, che consente la rimozione fogliare nella fascia dei grappoli, con un impatto trascurabile sulla produzione, anche in pre-raccolta, incoraggiano fortemente l'implementazione di tale tecnica.

## Conclusioni

Le implicazioni positive della defogliazione tardiva sulle caratteristiche compositive della bacca non sono legate ad un incremento della concentrazione di antociani nella buccia, ma al raggiungimento di più elevati livelli di flavonoli.

Il rapido incremento di flavonoli, in seguito all'imposizione di defogliazioni tardive, suggerisce che questa pratica può avere implicazioni positive sulla composizione delle uve anche quando applicata in pre-raccolta.

Nella scelta dell'epoca di esecuzione della defogliazione, al fine di coniugare miglioramento della qualità delle uve e contenimento delle infezioni fungine, in particolare di botrite, il decorso meteorologico deve essere opportunamente considerato.

## Bibliografia

Baiano A., De Gianni A., Previtali M.A., Del Nobile M.A., Novello V., De Palma L., 2015. Effects of defoliation on quality attributes of Nero di Troia (*Vitis vinifera* L.) grape and wine Food Research International, 75: 260-269.  
Bondada B., Covarrubias J.I., Tessarin P., Boliani A.C., Marodin G., Rombolà A.D. 2016. Post-veraison shoot trimming reduces cluster compactness without compromising fruit quality attributes in organically-grown Sangiovese grapevines. American Journal of Enology and Viticulture, 67 (2): 206-211.  
Botelho R.V., Roberti R., Tessarin, P., Garcia-Mina J.M., Rombolà A.D., 2016. Physiological responses of grapevines to biodynamic management. Renewable

- Agriculture and Food Systems 1-12. doi:10.1017/S1742170515000320.
- Haselgrove L., Botting D., van Heeswijck R., Hoj P., Dry P., Ford C., Iland P., 2000. Canopy microclimate and berry composition: The effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. Australian Journal of Grape and Wine Research, 6: 141-149.
- International Organization of Vine and Wine. OIV Statistical report on World Vitiviniculture. URL ([http://www.oiv.int/oiv/files/Report\\_Mainz\\_Congress\\_2015\\_OIV\\_EN.pdf](http://www.oiv.int/oiv/files/Report_Mainz_Congress_2015_OIV_EN.pdf)).
- Kliewer W.M. and Dokoozlian N., 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. American Journal of Enology and Viticulture, 56: 170-181.
- Kriedemann P.E., Kliewer W.M., Harris J.M., 1970. Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L. Vitis, 9: 97-104.
- Palliotti A., Panara F., Silvestroni O., Lanari V., Sabbatini P., Howell G.S., Gatti M., Poni S., 2013. Influence of mechanical post-veraison leaf removal apical to the cluster zone on delay of fruit ripening in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) grapevines. Australian Journal of Grape and Wine Research, 19: 369-377.
- Matus J.T., Loyola R., Vega A., Pena-Neira A., Bordeu E., Arce-Johnson P., Alcalde J.A., 2009. Post-veraison sunlight exposure induces MYB-mediated transcriptional regulation of anthocyanin and flavonol synthesis in berry skins of *Vitis vinifera*. Journal of Experimental Botany, 60: 853-867.
- Mori K., Sugaya S. and Gemma H., 2005. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. Scientia Horticulturae, 105: 319-330.
- Parpinello G.P., Rombolà A.D., Simoni M., Versari A., 2015. Chemical and sensory characterisation of Sangiovese red wines: Comparison between biodynamic and organic management. Food Chemistry, 167: 1-8.
- Pastore C., Zenoni S., Fasoli M., Pezzotti M., Tornielli G.B., Filippetti I., 2013. Selective defoliation affects plant growth, fruit transcriptional ripening program and flavonoid. BMC Plant Biology, 13:30.
- Poni S., Gatti M., Bernizzoni F., Civardi S., Bobeica N., Magnanini E., Palliotti A., 2013. Late leaf removal aimed at delaying ripening in cv. Sangiovese: physiological assessment and vine performance. Australian Journal of Grape and Wine Research, 19: 378-387.
- Price S.F., Breen P.J., Valladao M., Watson B.T., 1995. Cluster Sun Exposure and Quercetin in Pinot noir Grapes and Wine. American Journal of Enology and Viticulture, 46: 187-194.
- Rombolà A.D., Covarrubias J.I., Boliani A.C., Marodin G.A., Ingrosso E., Intrieri C., 2011. Post-version trimming practices for slowing down berry sugar accumulation and tuning technological and phenolic maturity. In: Le progrès agricole et viticole. Hors série-special Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Meeting of Viticulture GiESCO, Asti-Alba (Italy), August 29<sup>th</sup> - September 2<sup>nd</sup> 2011, 567-569.
- Rombolà A.D., Botelho R.V., Tessarin P., Bombai G., Knuttzen E., 2014. Gestione del suolo e della chioma in sistemi viticoli altamente sostenibili. Contributo al V Convegno Nazionale di Viticoltura CONAVI, Foggia. 1-3 Luglio 2014. Acta Italus Hortus, 13: 183-184.
- Rombolà A.D., Tessarin P., Tumbarello G., Parpinello G.P., Versari A., 2015. Evaluation of Soil and Canopy Management Strategies in Highly Sustainable Viticultural Systems. Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Meeting of Viticulture GiESCO, Pech Rouge-Montpellier (France), May 31<sup>st</sup> - June 5<sup>th</sup>, 2015, 95-98.
- Spayd S., Tarara J., Mee D.L., Ferguson J., 2002. Separation of Sunlight and Temperature. Effects on the Composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot Berries. American Journal of Enology and Viticulture, 53: 171-182.
- Tessarin P., Boliani A.C., Botelho R.V., Rusin C., Versari A., Parpinello G.P., Rombolà A.D., 2014. Effects of late defoliation on chemical and sensory characteristics in wine of the late maturing variety Uva Longanesi. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 14 (4): 1021-1038.
- Tessarin, P., Chinnici, F., Donnini S., Liquori E., Riponi, C. and Rombolà, A.D., 2016. Implications of canopy-applied chitosan on berry and wine composition in two different *Vitis vinifera* red varieties under organic management Food Chemistry. (In press).

# IMPATTO DELL'IRRIGAZIONE SUI PARAMETRI ATMOSFERICI: STUDIO MODELLISTICO APPLICATO ALLA PIANURA PADANA

## IMPACT OF IRRIGATION ON ATMOSPHERIC PARAMETERS: A METHODOLOGICAL APPROACH THROUGH NUMERICAL MODELLING APPLIED TO THE PO VALLEY

Arianna Valmassoi<sup>1\*</sup>, Matteo Zampieri<sup>1</sup>, Piero Malguzzi<sup>2</sup>, Silvana Di Sabatino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics and Astronomy, University of Bologna, viale Berti-Pichat 6/2, 40126, Bologna (Bo) Italy

<sup>2</sup> I.S.A.C. – C.N.R., via Gobetti 6, 40126, Bologna (Bo), Italy

\*[arianna.valmassoi@studio.unibo.it](mailto:arianna.valmassoi@studio.unibo.it)

### Abstract

In all scenarios with increasing greenhouse gases in climate projections, the risk of heat waves is predicted to be exacerbated in most of Europe and the Mediterranean region. Irrigation in cultivated areas is known to have a local cooling effect in the lower atmosphere. In view of a future exploitation of heat waves and irrigation interconnection, this work studies the effect of irrigation, as a proof of concept, with an atmospheric circulation model. The selected region is the Po Valley (Italy) during summer 2015. Two numerical simulations were performed with soil-atmosphere coupling: a control run without irrigation and a run where irrigation is applied. The difference between the two runs is mainly located in the irrigated region. Air temperature differences shows a strong daily cycle, more pronounced during July. A change in circulation and precipitation pattern is also observed at the boundaries, probably due to the airflow interaction with the local topography.

### Parole chiave

Irrigazione, onde di calore, Pianura padana, simulazioni circolazione atmosferica

### Keywords

Irrigation, heat waves, Po Valley, atmospheric circulation modelling

### Introduction

Scenarios with increasing greenhouse gas in climate projection show an enhanced interannual variability of summer climate in Europe and potentially more frequent heat waves (Cubash *et al.*, 2001; Giorgi and Lionello, 2008). An increase in climate variability has a greater effect on society than a change in the mean climate, because adaptation to changes in climate extremes is more difficult (Seneviratne *et al.*, 2006).

The recent heat waves that affected the European region had a large socio-economic impact due to an increased mortality and financial loss caused by crop shortfall and forest fires (Fischer *et al.*, 2007).

Recent studies highlighted the importance of soil-atmosphere coupling in simulating heat waves, especially in transitional zone between dry and wet climates (Seneviratne *et al.*, 2006, 2008; Kolster *et al.*, 2004; Zampieri *et al.*, 2009). In fact, it was found that most of the summer European heat waves were preceded by a mean precipitation deficit during the previous months, from one to four.

Numerical models are widely used tools to study these processes in the context of climate change. They show primarily an increase in the mean and maximum air temperature. An increase was found in the minimum temperature as well, especially over anomalously warm summers (Fischer *et al.*, 2007). Seneviratne *et al.* 2010, showed that the increased summer variability over Europe

is caused mainly by the soil-atmosphere coupling, and the strong projected coupling is caused by a northward shift of the climate regimes. These features are crucial in understanding the impact that heat waves will have on both ecosystems and society both in present and future climate.

Biogeophysical changes are also associated with land-cover and land-use modifications and they are known to alter local climate (Kueppers *et al.*, 2007). In fact, agricultural land can impact atmospheric parameters not only due to a large variety of land properties, but also due to the irrigation process. Irrigation in particular is extensively used in semi-arid regions (Sidhar, 2013), as the Mediterranean region (Giorgi and Lionello, 2008), and particularly during the summer growing period, whenever possible.

Recent literature shows that irrigation affects near surface air temperature (Kuepper *et al.*, 2007; Lobell *et al.*, 2008). Specifically, Kuepper found that irrigation has a regional cooling effect that has a strong seasonal variability, with a maximum impact during the dry season. In a global study, Lobell found that the irrigation-induced cooling has a different magnitude depending on the analysed region, varying from 10°C cooling to almost no effect. These differences were explained with the different extent of the irrigated region, the simulation of soil moisture and the cloud response. Moreover, irrigation affects the surface energy balance (Seneviratne *et al.*, 2008) by increasing the supply of soil moisture available (Cook *et al.*, 2011) and



evapotranspiration if the region is characterized by a soil moisture limited regime (Seneviratne *et al.*, 2010). The different partitioning of sensible and latent heat fluxes is indeed the main physical reason of the cooling effect of irrigation.

This study focuses on the simulation of the climatic effect of irrigation in the Po Valley during 2015 summer, which was particularly hot and dry in this region (Valmassoi, 2016). The Po Valley, in northern Italy, is surrounded by high terrain (the Alps to north and west, the Apennines to the south) and the Adriatic Sea. It is a highly populated and its major land-use is agriculture.

In the next sections, we explain the experimental setup and we discuss the simulations results.

### Model and method

In this study, two simulations of the 2015 summer season (from June 1<sup>st</sup> to August 31<sup>st</sup>), performed with the BOLAM model, are considered. BOLAM is a hydrostatic, limited-area meteorological model developed by CNR-ISAC for the simulation of the atmospheric circulation on a continental scale. Figure 1a shows the domain of integration used in this study, where the horizontal grid size is set to 0.075° (i.e. about 8 km) in rotated geographical coordinates and vertical resolution to 50 levels.

The land processes are parameterized on a vertical grid composed of 7 levels from the surface and within the soil (till 1.59 m), with temperature and humidity as prognostic variables except for the seventh layer for which temperature and humidity are prescribed with a climatological value, seasonally cycling. Soil initial and boundary conditions are taken, on a daily basis, from the NCEP-GFS global predictions based on 00UT analyses. This model configuration (hereafter referred to as “standard”) is the same used by ISAC for its operational forecast. In order to initialize the soil quantities to quasi-equilibrium, the period from May 1<sup>st</sup> to June 1<sup>st</sup> has been simulated with BOLAM in standard configuration. In the first experiment (CTR), BOLAM was run in standard mode starting from June 1<sup>st</sup> while, in the second experiment (IRR), a mask at the surface level only in the Po Valley (7°-12.6°E and 44.2°-46°N, see figure 1b) to represent irrigated agricultural areas was inserted.

Given the spatial variability of irrigation we adopt the cropland gridded dataset with a resolution of 5' released by the Food and Agricultural Organization (FAO) (FGGD 5.2). The irrigation mask was obtained from the interpolation of FAO's dataset on BOLAM grid, multiplied by the flux of estimated water per square meter used for irrigation during the whole summer (92 days).

The value used for the flux has been estimated to be 3 mm/day and has been obtained from the Eurostat value of water used for irrigation in Northern Italy (Eurostat, 2012, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural\\_census\\_in\\_Italy](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_census_in_Italy)). We apply irrigation for three hours, from 6 A.M. to 9 A.M. local time, in order to

maximize the water absorbed by the soil with respect to evaporation.

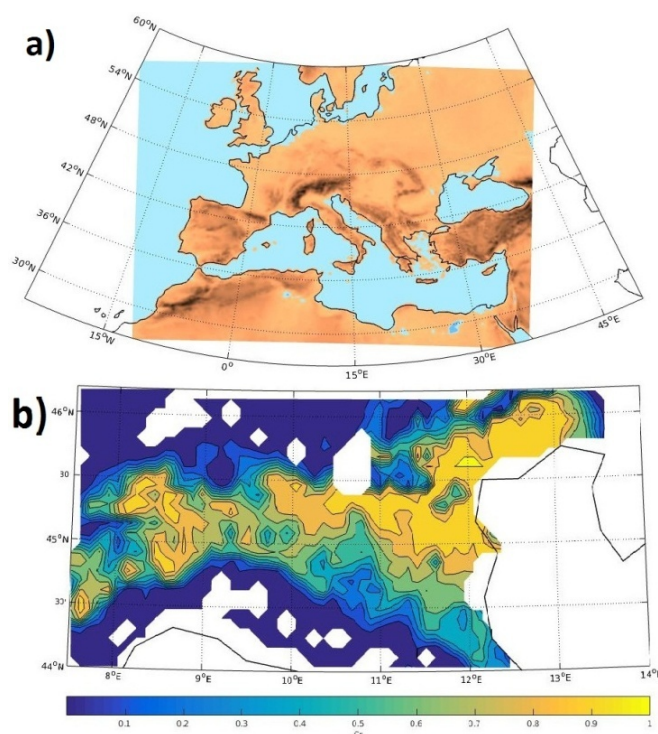


Fig.1- a) Domain of the BOLAM model used in this study. b) Irrigation mask (percentage of cropland area) interpolated on the BOLAM grid.

Fig.1- a) Dominio del modello BOLAM utilizzato in questo studio. b) Maschera usata per l'irrigazione (percentuale di terra agricola per punto di griglia) interpolata sulla griglia di BOLAM.

The choice to irrigate every day is not realistic, but it is chosen for simplicity in this idealized study. The solution adopted here may be a poor choice as it may increase the amount of water that evaporates from the soil surface limiting the amount of infiltrated water used by plants (Francesca Ventura, personal communication). However, it is a commonly adopted strategy in similar studies (e.g. Ozdogan *et al.* 2010).

### Results

This section shows the results of the differences between the two experiments with and without irrigation (defined as the IRR-CTR, identified by  $\Delta$ ). For the volumetric soil water content, we show the mean value in the first six layers of the soil scheme, roughly up to 1.0 m depth.

The main differences between the two runs are primarily located in the region of the mask application. We now show the average over this region of the difference of the 2-meter height temperature ( $\Delta T_2$ ), the latent heat flux ( $\Delta LH$ ) and the volumetric soil water ( $\Delta \eta$ ).

Figure 2 shows the hourly values of the above introduced quantities averaged over each summer month.

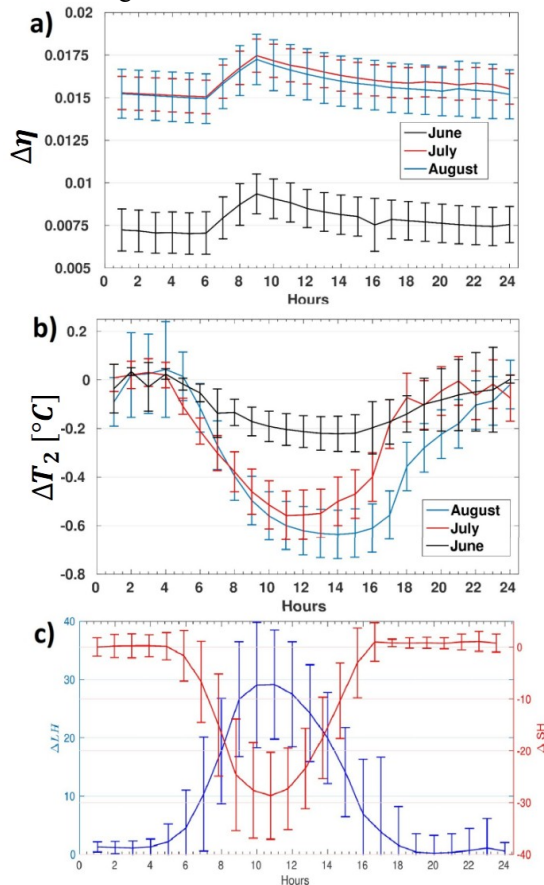


Fig.2 - Hourly average and relative standard deviation of (a) soil moisture difference, (b) 2-meter temperature difference and (c) latent and sensible heat (July only). Hours are relative to the local time.

Fig.2- Media oraria e corrispondente deviazione standard di (a) differenza di umidità del suolo, (b) differenza di temperatura a 2 metri d'altezza e (c) flussi di calore latente e sensibile (solo luglio). Le ore in ascissa sono relative al tempo locale.

Figure 2a shows that soil moisture increases as a result of irrigation. The difference displays a lower value during June and similar values in July and August. Soil moisture difference shows a linear increase from 6 A.M. to 9 A.M., as the result of application of irrigation, and a decrease in the other period of the day mainly due to water loss by evapotranspiration and water withdraw by plants' roots. It is interesting to note that the difference in the 2-meter temperature is maximum during the hottest hours of the day (from 10 A.M. to 2-4 P.M., figure 2b).

This behavior is explained by the differences in both the sensible and latent heat fluxes (figure 2c), considering that they influence directly the energy balance of the atmospheric surface layer. In fact, a reduced sensible heat and increased evapotranspiration implies a cooling of the air masses above the ground. Furthermore, it is possible to

observe that  $\Delta\eta$  (the difference in soil moisture as defined earlier) influence the amplitude of the 2meter temperature cycle, enhancing its amplitude when soil moisture increases. We now focus only on July because it was the driest and hottest month of this season (Valmassoi, 2016).

We show the spatial correlation of the variables of interest during the midday period (11 A.M. to 3 P.M.), where the differences of  $T_2$  and  $LH$  were larger. Figure 3 shows the density plot with linear regression and the corresponding sample Pearson correlation coefficient.

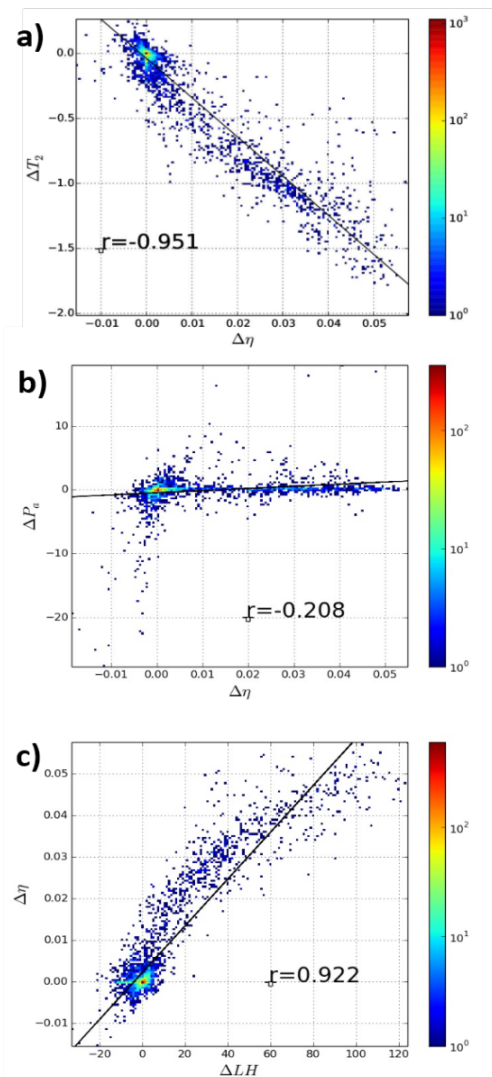


Fig.3 – Density plot of (a)  $\Delta T_2$ , (b)  $\Delta P_a$  and (c)  $\Delta LH$  as function of  $\Delta\eta$  with linear regression and corresponding correlation coefficient.

Fig.3 – Density plot di (a)  $\Delta T_2$ , (b)  $\Delta P_a$  e (c)  $\Delta LH$  in funzione di  $\Delta\eta$  con la corrispondente regressione lineare e coefficiente di correlazione.

All the differences in soil moisture cannot be ascribed to precipitation variations ( $\Delta P_a$ , figure 3b), which do not show significant difference between the two simulations. Therefore, it is possible to conclude that soil moisture



differences between the two runs are caused by irrigation alone.

The variation of the soil moisture is well correlated both with the difference in the 2-meter temperature (figure 3a) and the difference in latent heat fluxes (figure 3c), given that both correlation coefficients have a close-to-1 value.

We observe a significant change in the spatial pattern of the time average wind field during the midday period, and in the accumulated precipitation during the afternoon period (4 P.M. to 7 P.M., also outside of the irrigated region).

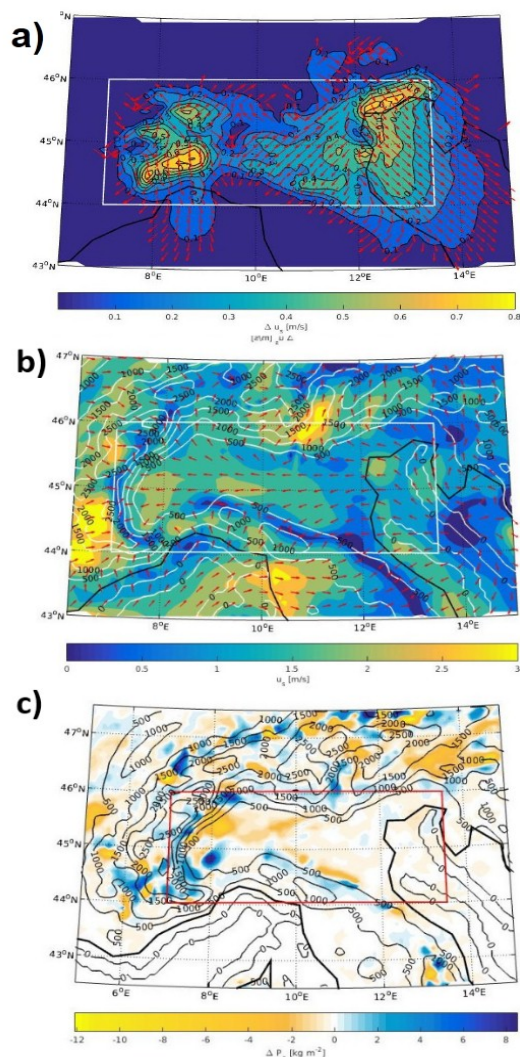


Fig.4 – Spatial distribution of (a)  $\Delta u_s$ , (b)  $u_s$  and (c)  $\Delta P_a$ . The selected region in the box is the domain of the irrigation mask.

Fig.4 – Distribuzione spaziale di (a)  $\Delta u_s$ , (b)  $u_s$  e (c)  $\Delta P_a$ . La regione selezionata nel riquadro è il dominio della maschera d'irrigazione.

The wind field difference, in figure 4a, shows significant changes close to the coastal region of Adriatic Sea and over the Liguria region. These two areas are affected by a reduction of the wind intensity (see the CTR wind field in figure 4b), with a slight rotation of the sea breeze in the Adriatic Sea. This can be probably ascribed to the change

of air masses properties that causes a slight increase, limited to the irrigated region, in the mean sea level pressure. In contrast, in the Piedmont region, both over the Apennines and Alps, we simulate an increase of the up-valley wind intensity. This latter feature can explain the observed in the precipitation pattern shown in figure 4c.

## Conclusions

Heat waves, in a changing climate, will be more frequent and more intense in the Mediterranean region. To mitigate the impact of the heat waves, in particular in Northern Italy that is highly populated and extensively used for farming, it is important to understand the impact of irrigation during these events. We studied the effect of irrigation during the hot and dry summer of 2015 (Valmassoi, 2016) by using an atmospheric circulation model (BOLAM). The enhanced soil moisture, due to irrigation, affects the latent heat flux increasing its values particularly during the maximum of the solar radiation. At the same time, a decrease of the sensible heat flux is simulated by the model, which causes the decrease of the maximum 2-meter temperature.

The change of air masses characteristics causes a slight increase of the surface pressure in the irrigated region. This is probably due to the change of intensity and orientation of the sea breeze simulated in the perturbed run. Finally, the increase of the wind field across the orography surrounding the region of interest can explain the change in the precipitation pattern simulated in the IRR experiment.

This study shows that irrigation can reduce the intensity of heat waves during the hottest hours of the day, increasing the fraction of energy emitted through evapotranspiration in case of soil moisture limited regimes. Given the important implications of this explorative study, further experiments have to be conducted to better quantify the effects of irrigation during heat waves on the Po Valley.

## References

- Cook, B.I., M.J. Puma, and N.Y. Krakauer, 2011: Irrigation induced surface cooling in the context of modern and increased greenhouse gas forcing. *Clim. Dyn.*, **37**, 1587-1600.
- Cubasch, U., G. A. Meehl, G. J. Boer, R. J. Stouffer, M. Dix, A. Noda, C. A. Senior, S. Raper, and K. S. Yap, 2001: Projections of future climate change. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of the WGI to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 525-582
- Eurostat, 2012. Agricultural census in Italy.
- Fischer, E. M., Seneviratne S. I., Luthi D., Schar C., 2007. Contribution of land-atmosphere coupling to recent European summer heat waves. *Geophys. Res. Lett.*, **34**.
- Giorgi F., Lionello P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* **63**, 90-104.
- Koster, R. D., Dirmeyer, P. A., Guo, Z., Bonan, G., Chan, E., Cox, P., ... & Liu, P., 2004. Regions of strong coupling

between soil moisture and precipitation. *Science*, 305 (5687), 1138-1140.

Kueppers, L. M., Snyder M. A., Sloan L. C., 2007. Irrigation cooling effect: Regional climate forcing by land-use change, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L03703.

Lobell D., Bala G., Mirin A., Phillips T., Maxwell D., 2008. Regional Differences in the Influence of Irrigation on Climate. *Journal of Climate*, 22: 2248-2256.

Seneviratne S. I., Luthi D., Litschi M., Schar C., 2006. Land-atmosphere coupling and climate change in Europe. *Nature* 443, 205-209.

Seneviratne, S. I., Corti T., Davin E. L., Hirschi M., Jager E. B., Lehner I., Orlowsky B., Teuling A. J., 2010: Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: a review. *Earth Science Reviews*, 99, 125-161

Seneviratne S. and Stöckli R., 2008. The Role of Land–Atmosphere Interactions for Climate Variability in Europe. Springer, *Climate Variability and Extremes during the Past 100 Years*. 179-193.

Sridhar V., 2013. Tracking the Influence of Irrigation on Land Surface Fluxes and Boundary Layer Climatology. Universities Council on Water Resources *Journal of Contemporary Water Research and Education* Issue 152, 79-93

Valmassoi A., 2016. Impact of irrigation in the Po Valley (Italy) on meteorological parameters through numerical simulation, (unpublished master thesis). University of Bologna.

Zampieri, M., D’andrea F., Vautard R., Ciais P., De Noblet-Ducoudré N., Yiou P., 2009: Hot European Summers and the Role of Soil Moisture in the Propagation of Mediterranean Drought. *American Meteorological Society*, Volume 22, 4747-4758.

# METEO AGRONOTIZIE: SERVIZI METEO INTERATTIVI ED INNOVATIVI A SUPPORTO DELLA FILIERA AGROALIMENTARE

## SOCIAL AGRO METEO NEWS

Ivano Valmori<sup>1</sup>, Gabriele Ghibaudo<sup>2</sup>, Caraccio Paolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Image line Srl Via Gallo Marcucci, 24 48018 Faenza (RA)

<sup>2</sup> Datameteo weather provider LRC Servizi Srl via Piave 4/c 12022 Busca (CN)

<sup>1</sup> [info@agronotizie.it](mailto:info@agronotizie.it) <sup>2</sup> [info@datameteo.it](mailto:info@datameteo.it)

### Abstract

The new multimedia communication frontiers linked the modern numerical meteorology technologies have allowed us to develop extremely accurate and tailored multifunctional meteorological services for agriculture. On one hand complicated forecasting numerical sequences become easy-understanding long-term weather trends while simple map layers will show where are the storms. On the other hand a simple content on a social networks validated by an innovative semantic algorithm can become a useful info to create and hailstorm realtime updated database. This is a new scalable, innovative and tailored service and realtime news channel at the service of the whole agro community.

The service is provided in the heading "Meteo" of "AgroNotizie" ([www.agronotizie.it](http://www.agronotizie.it)) news media that reaches over 2,000,000 agrofood operators per year.

### Parole chiave

grandine, temporali, agro meteo, agro social media, news meteo.

### Keywords

Hail storm, thunderstorm, climate change, social media weather news.

### Introduzione

La collaborazione tra Image Line leader nel settore della comunicazione nel campo agro media e Datameteo provider di servizi meteorologici ha dato vita ad un connubio tra un'anima più mediatica ed inserita nei processi divulgativi dei complessi e variegati aspetti della moderna agricoltura e una più scientifica tesa a fornire prodotti e servizi basati su avanzate tecnologie di meteorologia numerica.

Il risultato che ne deriva è una nuova dimensione del numero matematico che diventa *news social* e del contenuto social che acquista un valore aggiunto nei processi meteorologici di *validazione numerica*.



### RICERCA SU INTERNET E AGRICOLTURA

#### I RISULTATI DELL'INDAGINE DIRETTA: LE NUOVE TECNOLOGIE

Tra coloro che usano APP e/o web application (29,6% del totale) a supporto delle strategie aziendali i principali servizi di cui usufruiscono sono...

	%
Meteo personalizzato rispetto alla localizzazione dell'azienda	80,5%
Trattamenti da utilizzare sulle colture presenti in azienda	52,4%
Informazioni periodiche sui prezzi dei prodotti cui sono interessato	40,4%
Segnalazioni di news settoriali e/o di eventi dedicati (fiere, ecc.)	38,6%
Aggiornamenti normativi e di settore	37,0%
Aggiornamenti su bandi o altre opportunità di finanziamento pubblico sulla base del mio profilo	24,7%
Segnalazione delle principali scadenze da rispettare (domanda unica, bandi, comunicazioni, ecc.)	19,5%
Possibilità di fare pubblicità alla mia azienda (prodotti, servizi)	14,7%
Segnalazione relativa all'avvenuto pagamento della domanda unica (pagamento diretto)	10,3%
Gestione dell'allevamento (registrazione capi, produttività, ...)	7,2%
Un elenco di professionisti cui rivolgermi per consulenze su domande di finanziamento	5,1%

Fig.1 – Estratto Sondaggio Nomisma su internet ed agricoltura.

Fig.1 – Nomisma Internet in Agriculture Survey Interview

### Materiali e Metodi

Da un'indagine condotta da Image Line e Nomisma su un campione di 1315 agricoltori e presentata il 15 dicembre 2015 al Museo della scienza e della tecnologia Leonardo da Vinci di Milano, risulta chiaramente che i servizi che maggiormente interessano le aziende agricole per la loro operatività sono quelli legati al meteo e alle sue interazioni con i processi produttivi.

Per far fronte a questa crescente richiesta informativa, negli ultimi anni Image Line ha realizzato sia un portale specifico con informazioni puntuali di previsione e storici con risoluzione di 1 km x 1 km (MeteoGest), sia una serie di servizi per le aziende agricole, come i Bollettini agrometeo inviati via mail, le stazioni meteo virtuali già integrate all'interno di ogni appezzamento gestito con Quaderno di Campagna e un servizio di commento quotidiano su andamenti e previsioni agrometeo.

In quest'ambito nel 2016 sono stati messi a punto alcuni nuovi servizi che permettono agli oltre 138.000 utenti della community di Image Line di:

- vedere i commenti agrometeo specifici realizzati dal colonnello Mario Giuliani tre volte alla settimana;
- monitorare quotidianamente l'andamento dei fenomeni temporaleschi e grandinigeni;
- conoscere le tendenze e gli orientamenti meteo fino a 30 giorni (andamenti stagionali);
- disporre di un canale video a target meteorologico con news meteo ad di interesse agricolo.



Fig.2 – Strutturazione del portale di informazione AgroNotizie con il canale meteo.

Fig.2 – Agro Notizie agro media news weather channel .

In questa sede prendiamo in esame le informazioni legate al servizio che permettono di monitorare quotidianamente l'andamento dei fenomeni temporaleschi e grandinigeni.

## Il monitoraggio dei fenomeni temporaleschi e grandinigeni Datameteo

La scarsità di stazioni meteo che emettono osservazioni regolari e la strutturazione non omogenea di reti di riporto dei fenomeni grandinigeni (Condifesa, assicurazioni, privati) ci hanno fatto pensare ad un sistema dinamico e *real time* che potesse fornire informazioni utili sulle grandinate in corso.

Quale migliore occasione di mettere alla prova il popolo internauta dei social, logicamente con alcuni accorgimenti. Grazie alla semantica è stato creato un algoritmo che scandaglia il social web alla ricerca di parole chiave e le analizza.

La predisposizione di una serie di filtri ci ha permesso poi di limitare le casistiche di social report non inerenti segnalazioni di eventi atmosferici.

Un semplice ed immediato pannello di controllo è poi stato sviluppato al fine di poter gestire in modo intuitivo ad esempio i 24818 report del 2015 contenenti un riferimento alla grandine di cui circa il 45% filtrato in automatico dalla serie di controlli semantici incrociati predisposti.

L'analisi statistica visiva ci permette con un colpo d'occhio di avere subito il polso della situazione meteorologica in corso. Il popolo social è risultato molto sensibile alla tematica grandine, con report tempestivi e frequenti ove il fenomeno si sta verificando. Una curiosità evidenziata dal filtro semantico.

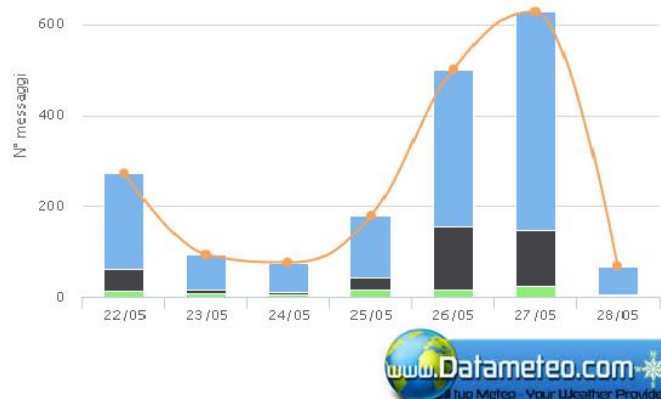


Fig.3 – Analisi statistica dell'incidenza dei report grandine di estrazione social

Fig.3 – Statistical overview of the daily distribution of the hail reports coming for the social network.

Si è scelto di non lasciare il sistema operativo con i soli filtri automatici, ma si è dotata la piattaforma di una serie di strumenti di gestione manuale dei social report.



Fig.4 – Schermata della piattaforma di validazione con moderni strumenti che permettono di controllare la geo localizzazione del riporto ed eventualmente modificarlo.

Fig.4 – Monitoring and validation of the social hail reports too. You can check the report geo location and manually delete, validate or modify the day, time, geo location of the occurrences.

In sintesi un report può essere analizzato con il controllo della sua corretta geo localizzazione sia spaziale ( località del report corrispondente al corpo del messaggio ) che temporale. Spesso si è visto che vengono inviate segnalazioni di eventi accaduti il giorno prima. Il sistema permette di collocare nella finestra temporale corretta l'evento.

Un valore aggiunto notevole anche alla luce delle enormi potenzialità che può fornire uno strumento come questo, che a livello di informazione media agro può essere considerato una vera e propria cartina tornasole per questo tipo di eventi meteorologici ad alto impatto , in crescita esponenziale in questi anni anche alle nostre latitudini, con il loro carico di distruzione o danneggiamento di colture.



## Risultati e Discussione

La piattaforma può elaborare tutta una serie di report grandine che rispecchiano le caratteristiche del servizio da fornire. Ad esempio per un report che ha come target quello di divenire un social media news ha molta importanza la geo-localizzazione della zona di accadimento e la sua frequenza di segnalazione, al fine di avere un indice visivo intuitivo come quello ottenuto dalla mappa sotto.

In un solo colpo d'occhio ho una visione immediata di dove è maggiormente grandinato.

Una strumento *immediato* che attraverso l'utilizzo di:

- *Filtro semantico avanzato*
- *Strumenti di gestione manuale*
- *Geo localizzazione spaziale e temporale*

mi permette di fornire una informazione che, come vedremo, può avere diversi gradi di accuratezza con il denominatore comune di essere di pronta consultazione sia per il navigatore che per l'esperto in cerca dei prima sommari riscontri.

Ecco qui la seconda faccia della medaglia il report smette i panni della social media agro news e diventa parte dei processi di validazione della catena modellistica numerica.

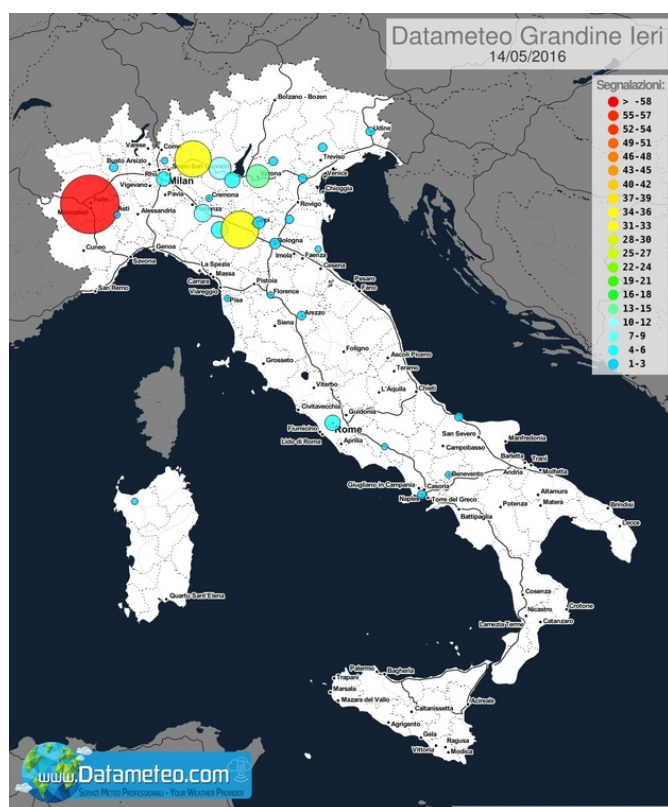


Fig.5 – Mappa delle grandinate validate occorse nella giornata del 14 Maggio 2016 che ha visto la caduta di ben 370623 fulmini sull'Italia.

Fig 5 – Map showing the hail storms reported on May 12<sup>nd</sup> 2016 when 370623 lightnings stokes Italy

Attraverso altre specifiche funzionali si possono impostare step di validazione, atti a far divenire i report che passeranno detti controlli un vero e proprio database funzionale memoria storica degli eventi di un dato periodo

Il processo utilizza strumenti di *validazione integrati* come la disponibilità di prove fotografiche e/o video dell'evento grandine occorso al fine di stimarne l'impatto e la distruttività o l'integrazione *con reti di fulminazione e/o dati o mappe radar meteorologici* al fine di intersecare i vari dati come prova scientifica dell'evento occorso, precisamente posizionato sia spazialmente che temporalmente. Naturalmente questi processi sono più precisi e richiedono maggiori risorse informatiche, di esperti di analisi e di tempistiche di elaborazione.

Processi comunque sicuri, scalari, economici e velocissimi rispetto agli attuali in uso.

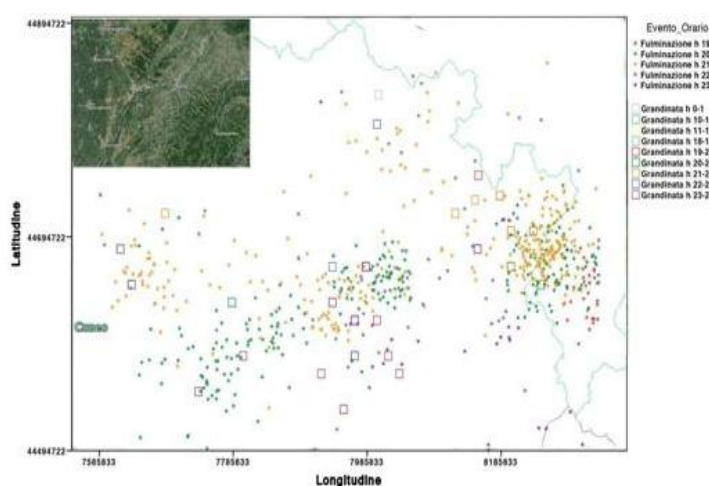


Fig.6 – Comparazione report grandinate Cuneo associate a fulminazioni occorse nella zona il 25 Agosto 2013. I punti rappresentano le grandinate, i quadrati le fulminazioni

Fig 6 – Hail reports compated with lightnings strikes occurred close to Cuneo ( Italy) zone on August 25<sup>th</sup> 2013

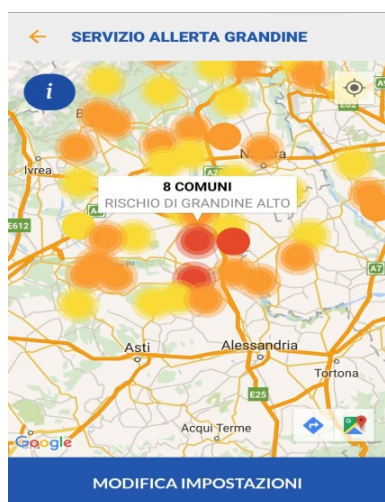
## Conclusioni

Come si è potuto evincere le potenzialità del web sia lato social media che lato meteorologia numerica. L'utilizzo di sistemi multiplatforma e multidisciplinari può fornire un ottimo target informativo anche e soprattutto ad un settore, quello dell'agricoltura, così sensibile all'impatto di eventi estremi come possono essere le grandinate, in continua ed esponenziale crescita.

Da un altro punto di vista ogni segnalazione opportunamente trattata in modo semantico e poi scientifico può essere un valido riporto documentale disponibile pochi giorni dopo l'accaduto, con un livello di validazione standardizzato su tutto il territorio nazionale, estendibile a tutto il comparto europeo.

Insomma conoscere la grandine *ieri* per pianificare l'*oggi* ed aumentare l'accuratezza della previsione *domani*. Già oggi il servizio settato in modalità *real* mi permette di

sapere con certezza data, luogo di un report grandine con il ritardo di alcuni minuti.



*Fig.7 – Una possibile elaborazione di come può essere un formato social agro meteo media news.*

*Fig 7 – Possible layer of a hail forecast agro alerting service media news*

### **Bibliografia**

- Zhu, W., Zeng, N., Wang, N. (2010) Sensitivity, Specificity, Accuracy, Associated Confidence Interval and ROC – Analysis with Practical SAS<sup>®</sup> Implementations, *NESUG – Health Care and Life Sciences*
- Busacca S. (2013) Hail Forecasting in Italy: A validation to a model approach
- Nomisma (2015) Nomisma Internet in Agriculture Survey Interview

# THE TIME FACTOR IN THE LONG TERM RESEARCHES: STATISTICAL AND MODELLING APPROACHES. *IL FATTORE “TEMPO” NELLE RICERCHE DI LUNGO PERIODO: APPROCCI STATISTICI E MODELLISTICI*

Domenico Ventrella

<sup>1</sup> Centro per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA) – Unità di ricerca dei sistemi colturali in ambienti caldo-aridi (CREA-sCA), Via Celso Ulpiani 5, 70125 Bari.

## Abstract

In questa nota sono approfonditi gli aspetti del fattore temporale e all'interazione di questo con il management dei residui colturali in una ricerca in svolgimento a Foggia dal 1977. Lo studio dell'interazione “anno x trattamenti” ha dimostrato l'efficacia dell'interramento dei residui colturali con l'aggiunta di 50 kg ha<sup>-1</sup> di N in presenza di una buona disponibilità idrica del suolo. Il fattore temporale è stato preponderante rispetto quello dei trattamenti e la resa ha mostrato un trend lineare dovuto probabilmente al progresso genetico. La resa del frumento duro è stata direttamente proporzionale al deficit idrico (pioggia – evapotraspirazione) dei trimestri settembre-dicembre e gennaio-marzo e inversamente proporzionale al quadrato della temperatura minima del trimestre aprile-giugno. Infine, è stato valutato l'impatto di eventi estremi meteorologici, in particolare alte temperature e di come questi effetti possano essere opportunamente descritti mediante l'approccio modellistico.

## Keywords

Winter durum wheat, meteorological parameters, regression analysis, extreme events.

## Parole chiave

Frumento duro, parametri meteorologici, analisi di regressione, eventi estremi.

## Introduzione

L'analisi statistica ha un ruolo cruciale nel valutare gli effetti di differenti sistemi colturali sulla risposta produttiva e lo stato della fertilità del suolo. I modelli statistici lineari standard con il metodo dei minimi quadrati sono normalmente impiegati per valutare le componenti di lungo periodo degli effetti agronomici. Questi modelli tuttavia si basano su assunzioni che vanno verificate e che riguardano la normalità, l'indipendenza e l'omoschedasticità dei residui. Spesso, però, i residui sono spazialmente correlati (Kissling e Carl, 2007) e, se i test statistici adottati non tengono conto di questa dipendenza spaziale si correrà il rischio di incorrere nel cosiddetto errore “type 1” (Rodrigues *et al.*, 2013) portando il ricercatore ad un'erronea conclusione e quindi ad una impropria decisione relativa al management agronomico.

I modelli lineari misti consentono di stimare la componente dovuta alla correlazione sia spaziale che temporale e di separarla dall'errore residuo totale del modello.

Una ricerca di lunga durata che confronta diverse opzioni di management agronomico dei residui colturali è in atto a Foggia dal 1977. L'obiettivo di questo lavoro è quello di studiare gli effetti agronomici di lungo periodo di queste varie opzioni sulla resa in granella di una monosuccessione di frumento duro, con particolare riferimento al fattore temporale, inteso sia come effetto principale che in interazione con il trattamento in studio. Saranno inoltre approfondite le relazioni con i parametri meteorologici sia da un punto di vista statistico che modellistico.

## Materiali e Metodi

### Dispositivo sperimentale

La ricerca è stata impiantata nel 1977 nell'azienda sperimentale “Podere 124” del CRA-SCA ubicata a Foggia (41°27' latitudine N, 15°36' longitudine E, 90 m sopra il livello del mare) su suolo argilloso-franco di origine alluvionale, classificato dalla Soil Taxonomy-USDA come “fine, mesic, Typic Chromoxerert” (Soil Survey Staff, 1992). Il suolo ha una buona disponibilità di azoto totale (0.12 g 100 g<sup>-1</sup>) e sostanza organica (2.07 g 100 g<sup>-1</sup>) e un contenuto di 41 e 1591 mg kg<sup>-1</sup>, rispettivamente di fosforo disponibile (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potassio (K<sub>2</sub>O). Caratteristiche sono le ampie crepacciature del suolo, anche fino ad una profondità di 50 cm, che compaiono in estate per i sistemi colturali che non prevedono un sistematico apporto irriguo.

Il clima è classificato come “accentuated thermomediterranean” (Unesco-FAO classification), with temperature che possono scendere al di sotto di 0°C in inverno e superare i 40°C in estate. La pioggia è tipicamente irregolarmente distribuita durante l'anno concentrandosi nei mesi autunno-invernali con una media di lungo periodo pari a 550 mm.

La ricerca si basa su una monosuccessione di frumento duro (*Triticum durum*, Desf.) sottoposta, in un disegno sperimentale di blocco randomizzato con 5 ripetizioni e parcelle unitarie di 80 m<sup>2</sup>, a 8 trattamenti di management di residui colturali (RC): T1, bruciatura dei RC; T2, interrimento nel suolo della paglia e delle stoppie; T3, CR interrimento dei RC + 50 kg ha<sup>-1</sup> di N (urea) distribuito sui RC prima dell'interrimento; T4, interrimento dei RC + 100 kg ha<sup>-1</sup> di N distribuito sui RC; T5, interrimento dei RC +

150 kg ha<sup>-1</sup> di N distribuito sui RC; T6, come T3 + 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> di acqua sui RC CR; T7, come T4 + 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> di acqua sui RC; T8, come T5 + 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> di acqua sui RC.

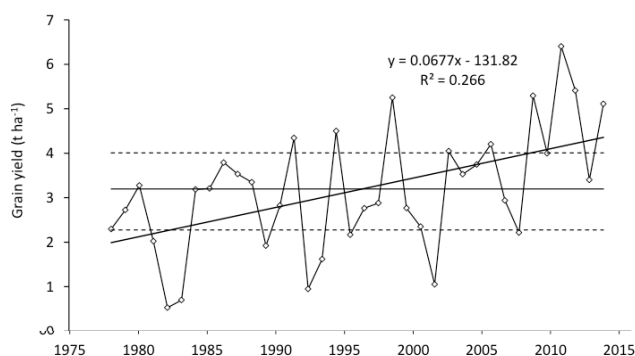


Fig.1 - Andamento della resa media annua del frumento duro e regressione lineare risultata significativa (in: Ventrella et al., 2016).

Fig.1 – Trend of annual yield of durum wheat and significant linear regression (in: Ventrella et al., 2016).

La dose minima di N, pari a 50 kg ha<sup>-1</sup>, fu stabilita sulla base del fabbisogno azotato dei microrganismi compreso tra 0.8 e 1.4 kg per 100 kg di sostanza secca interrata; l'altezza di irrigazione fu invece prescritta volendo simulare un'abbondante pioggia autunnale di 50 mm. In tutti i

agronomiche della zona, le lavorazioni secondarie consistono in frangizollature e/o erpicature volte all'ottenimento di un buon letto di semina che favorisca la germinazione dei semi. La semina è effettuata nei mesi di ottobre-novembre, ma a volte è procrastinata in dicembre a causa di avverse condizioni meteorologiche. Nel periodo di ricerca 1977-2013, sono state seminate diverse cultivar in cicli di 5 anni: Valgerardo (1977-1981), Appulo (1982-1986), Latino (1987-1991), Appio (1992-1995), Simeto (1996-1999 and 2006-2012), Ofanto (2000-2005). Al seguito del verificarsi di particolari condizioni di siccità, in otto annate si è fatto ricorso ad irrigazioni di soccorso comprese fra 30 e 70 mm tra gennaio ed aprile.

#### Analisi statistica

L'analisi statistica preliminare ha riguardato le principali caratteristiche della distribuzione dei dati riguardanti resa in granella e 2 parametri qualitativi: contenuto proteico della granella (GPC), peso ettolitrico (HTW) e peso di 1000 semi (TSW). Le variabili sono state testate con il test di Levene's per l'eteroschedasticità indotta dalle cultivar adottate nel corso del tempo e i trattamenti.

Successivamente sono stati applicati e confrontati gli schemi dei modelli lineari standard (OLS) e misti (LME) per valutare l'effetto dovuto all'autocorrelazione spaziale e

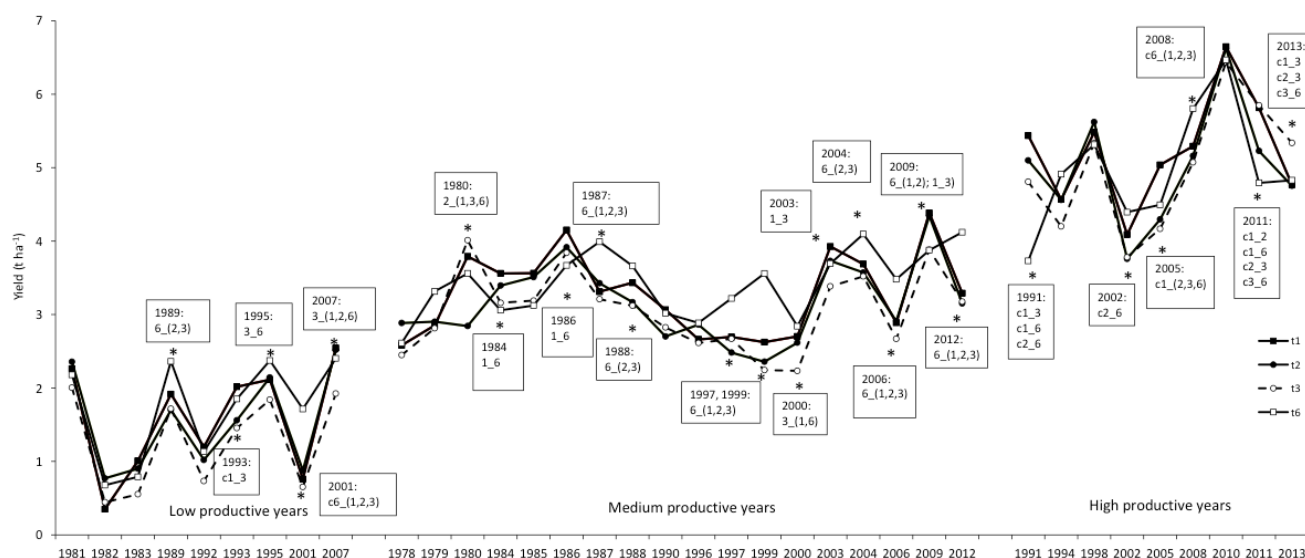


Fig.2 – Variabilità interannuale della resa per alcuni trattamenti. Gli asterischi e i riquadri indicano le differenze significative e i trattamenti coinvolti (in: Ventrella et al., 2016).

Fig.2- "Year by year" variability of grain yield for selected treatments. The asterisk and the box indicate significant differences and the involved treatments (in: Ventrella et al., 2016).

trattamenti, inoltre, sono distribuiti annualmente 100 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> prima delle lavorazioni principali e 100 kg ha<sup>-1</sup> di N (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) in copertura.

Dopo la raccolta del grano, tipicamente introno alla metà di giugno, la paglia e le stoppie sono trinciate e distribuite sul suolo delle parcelle interessate all'interramento. In seguito viene distribuita l'urea che, insieme alle stoppie, è interrata nel suolo per effetto dell'aratura principale che rivolta il terreno per una profondità di 40 cm. Secondo le pratiche

temporale. Sono stati considerati differenti modelli spaziali in funzione delle cultivar raggruppate in 2 gruppi: Simeto e Ofanto (classe A) e Appio, Appulo, Latino e Valgerardo (classe B) e l'anno, come fattore temporale, è stato incluso sia come effetto stocastico che fisso, per valutare la presenza di eventuali trend significativi nelle variabili di risposta. Gli effetti fissi dei due modelli sono quindi stati: trattamento, anno, interazione anno-trattamento e cultivar. L'analisi statistica è stata eseguita con SAS/STAT (proc

mixed) e le differenze fra le medie sono state testate con il test “least square” e i contrasti ortogonali.

Per entrare nel dettaglio dell’effetto temporale “anno”, è stata effettuata un’analisi di regressione multiparametrica di primo e secondo grado, in cui la variabile di risposta “resa in granella” è stata messa in relazione alle componenti lineari e quadratiche delle temperature minime e massime dei trimestri a partire da “settembre-ottobre-novembre” a “giugno-luglio-agosto” dell’anno successivo. Nel gruppo delle “candidate” variabili indipendenti sono state considerate anche le medie trimestrali di: pioggia (P), evapotraspirazione potenziale (ETp) e deficit idrico (P – Etp).

Le variabili indipendenti sono state selezionate utilizzando l’approccio “stepwise”. Per tener conto di eventuali effetti dovuti al progresso tecnologico e in particolare varietale, non è stata considerata solo la variabile resa (y) tal quale, ma è stata previamente effettuata una regressione lineare y(anno) e i residui di tale regressione sono stati utilizzati come variabile di risposta per l’analisi meteorologica multiparametrica.

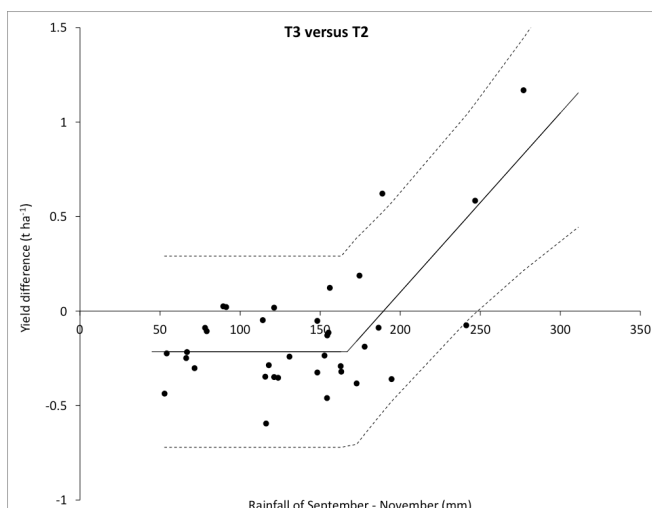
## Risultati e Discussione

### Analisi statistica

Un’analisi dettagliata dell’analisi statistica è riportata in Ventrella *et al.* (2016).

Nel corso di questo studio di 36 anni, la pioggia caduta nell’intero ciclo culturale (settembre-giugno) è variata considerevolmente dai 244 mm dell’annata 1988/1989 ai

nel periodo settembre-febbraio e il rimanente 30% tra marzo e maggio. Non si è notato un particolare trend



*Fig.3 – Relazione fra la differenza produttiva “T3 - T2” e la piovosità registrata fra settembre e novembre. I simboli rappresentano i valori registrati le linee le funzioni discontinue ottimizzate (in: Ventrella *et al.*, 2016).*

*Fig.3 - Relationship between the yield difference of T3 and T2 and the rainfall fallen from September to November (Rain) The symbols represent the observed values and the lines the fitted spline equations (in: Ventrella *et al.*, 2016).*

*Tab.1 – Valori di F dei fattori fissi per resa (yield), peso 1000 semi (TSW), contenuto proteico (GPC) e peso ettolitrico (HTW). Tutti gli F sono significativi con  $P < 0.0001$  con l’eccezione di quelli riportati in corsivo ( $P < 0.05$ ).*

*Tab.1 - F value for fixed effects corresponding to spatial and non-spatial models for grain yield, thousand seed weight (TSW), grain protein content (GPC) and hectolitic weight (HTW). All the F values are significant for  $P < 0.0001$  with the exception of those reported in italics ( $P < 0.05$ ).*

Var.	Model	Treat. (T)	Year (Y)	Y x T
Yield	Sp.	27.81	442.8	3.21
	No sp.	32.95	503.07	3.06
TSW	Sp.	30.03	424.77	2.34
	No sp.	35.10	426.52	2.29
GPC	Sp.	40.01	77.69	2.11
	No sp.	75.50	84.30	1.95
HTW	Sp.	41.43	522.11	2.92
	No sp.	48.03	502.96	2.57

692 mm registrati nel 1979/1980 con valori percentili di 0.25, 0.50 e 0.75 pari rispettivamente a 357, 422 e 485 mm. Mediamente, quasi il 70% della piovosità annuale è caduto

concernente precipitazione e deficit idrico sebbene la frequenza degli anni più piovosi è parsa incrementare nell’ultimo periodo con quattro delle ultime sei annate al di sopra del 75° percentile. Nessun trend significativo è stato rilevato per la temperatura minima e massima e gli altri parametri meteorologici.

La componente stocastica del fattore temporale (anno) non è stata significativa e, pertanto, l’anno è stato escluso dal modello come effetti stocastico e considerato unicamente come fattore fisso.

I fattori fissi, trattamento, anno e la loro interazione, sono risultati significativi per tutte le variabili in studio, mentre la “cultivar” non è stata significativa. I valori di F sono stati più alti per i modelli non-spaziali per gli effetti principali, ma la tendenza si è invertita per l’interazione, evidenziando in tal modo che il tener conto dell’autocorrelazione spaziale può essere importante per interpretare correttamente i risultati particolarmente nei casi con poche osservazioni e ignorare tale dipendenza spaziale può aumentare il rischio di dichiarare nulli effetti statisticamente significativi (Tab. 1).

La figura 1 mostra il trend temporale della resa di frumento che va da un minimo di 0.5 t ha<sup>-1</sup> registrato nel 1980 alle 6.4 t ha<sup>-1</sup> del 2012. La regressione lineare rispetto agli anni è risultata significativa ( $P < 0.0013$ ) con una pendenza di 68 kg y<sup>-1</sup>. Questo trend positivo può essere dovuto al progresso genetico che ha caratterizzato le cultivar che si sono conseguite nel corso del tempo.

A causa di questa grande variabilità, le annate agrarie sono state classificate e raggruppate in tre gruppi di bassa, media ed alta produttività sulla base di due valori soglia rappresentati dal 25° e 75° percentile, pari rispettivamente a 2.3 e 4 t ha<sup>-1</sup>.

Rispetto all'impatto dell'effetto "anno", il management dei RC ha determinato variazioni nella variabili di risposta del frumento significativamente più contenute con la differenza fra il trattamento più produttivo (T6) e meno produttivo (T5) pari a solo il 17%.

In questa nota, l'interazione "anno x trattamento" è stata esaminata limitatamente ai trattamenti T1, T2, T3 and T6 che rappresentano, tra quelle esaminate, le opzioni agronomiche più interessanti da valutare e confrontare.

La figura 2 mostra la sequenza temporale delle rese del frumento sottoposto ai quattro trattamenti agronomici con gli anni raggruppati nei tre gruppi di produttività già descritti. Nel primo raggruppamento, i 4 trattamenti non hanno mostrato differenza significative in 4 anni su 9 (44%) e, nei restanti anni, T6 è stato il trattamento più produttivo seguito da T1 in 4 anni e T2 in 3 anni. La differenza percentuale annua fra la resa massima e minima è variata fra il 20 e il 30%.

*Tab. 2 – Risultati delle analisi di regressione in termini di equazione, coefficiente di regressione standard (R<sup>2</sup>) e corretto (R<sup>2</sup>adj).*

*Tab. 2 – Results of regression analysis in terms of equation regression coefficient (R<sup>2</sup>) and adjusted regression coefficient (R<sup>2</sup>adj).*

Variabile Y	Equazione	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> adj
Resa	$Y=1.06+0.01\text{Rain\_4}$	0.4137	0.3964
Residui di Resa(anno)	$Y_{\text{res}}=3.12+0.01\text{Def\_4}-0.02T_{\text{min}}^2\text{\_2}+0.003\text{Def\_1}$	0.5944	0.5563

*Rain\_4: piovosità del 4° trimestre. Def\_4: deficit idrico (piovosità – evapotraspirazione potenziale). T<sub>min</sub><sup>2</sup>\_2: media del quadrato della temperatura minima del 2° trimestre. Def\_1: deficit idrico del 1° trimestre (g, f, m).*

Negli anni con produttività intermedia, in 5 anni su 18 (33%), non sono state rilevate differenze significative. T1 e T6 hanno confermato il loro effetto positivo in 8 e 10 anni (44 and 55%), mentre T2 e T3 sono stati inclusi nel gruppo di trattamenti più produttivi in 5 e 3 anni (28 e 17%). In 13 anni non sono state registrate differenze significative con differenze fra resa massima e minima comprese fra 10 e 30%, con l'eccezione del 1980 con uno scarto del 43%.

Negli anni più produttivi non ci sono state differenze nel 33% delle annate e i trattamenti più produttivi sono stati il T3 (5 anni), il T1 (4 anni), T6 (2 anni) e T2 solo nel 1991. Le differenze percentuali tra valore massimo e minimo sono risultate comprese fra 10 e 20%, con l'eccezione del 1991 (45%).

Per approfondire ulteriormente l'interazione tra trattamento ed anno, la differenza di resa fra T3 e T2 (interramento con e senza 50 kg ha<sup>-1</sup> di N sulle stoppie) è stata messa in relazione alla pioggia caduta da settembre a novembre. La figura 3 mostra che T2 ha determinato rese più elevate di T3 in annate caratterizzate da una piovosità del periodo in esame inferiore a circa 160 mm. All'aumentare della piovosità di tale periodo, la differenza tra T3 e T2 è diventata positiva ed è aumentata linearmente a favore del trattamento che prevede la fertilizzazione azotata sulle paglie.

#### Analisi di regressione multiparametrica

Nella tabella 2 sono riportate le risultanti equazioni di regressione utilizzando come variabile di risposta la resa tal quale e i residui della relazione della stessa con gli anni.

I risultati di quest'analisi confermano l'importanza della piovosità dell'ultimo trimestre dell'anno, già evidenziata in figura 3, elevando l'efficacia della fertilizzazione azotata autunnale. Nella prima analisi di regressione la variabile indipendente selezionata è risultata appunto Rain\_4 e la regressione ha spiegato il 41% della variabilità totale delle medie annuali di resa del frumento. Con l'analisi successiva, scorporando l'effetto dovuto al progresso genetico e utilizzando i residui piuttosto che i valori tal quale di resa, la regressione ha spiegato quasi il 60% della variabilità totale con l'R<sup>2</sup>adj che ha superato la soglia di 0.55. La seconda equazione conferma l'importanza del bilancio idrologico del quarto trimestre con la prima variabile entrante nell'equazione che risulta essere il deficit idrico di questo periodo. I residui di resa sono direttamente proporzionali al deficit idrico anche del primo trimestre ed inversamente correlati al quadrato della temperatura minima del secondo periodo (da aprile a maggio).

Le analisi finora esposte hanno tenuto conto dei valori medi dei parametri meteorologici mentre hanno trascurato i valori estremi il cui verificarsi, anche per pochi giorni in fasi fenologiche particolarmente sensibili, può compromettere processi fisiologici importanti per la produttività e la qualità dei prodotti. Per valutare questo aspetto si è proceduto a mettere in relazione la resa annuale del frumento con il numero di giorni, nei mesi di aprile e maggio, in cui la temperatura massima ha superato determinati valori soglia compresi tra 25 e 38°C. Tra tutte le relazioni esaminate quella più importante è stata quella riportata in fig. 4 riguardante il valore soglia di 25°C nel mese di aprile. Sui dati riportati in grafico sono state considerate le produzioni più elevate ottenute all'aumentare del numero dei giorni critici e con queste coppie di dati è stata tracciata una regressione lineare caratterizzata da un alto e significativo R<sup>2</sup> e che rappresenta la massima produzione ottenuta in presenza di un determinato numero di giorni eccedenti la temperatura massima di 25°C. Nel grafico è riportata come "resa potenziale".

I modelli di simulazione stocastica che descrivono lo sviluppo e l'accrescimento delle colture solitamente non tengono conto degli eventi estremi quali: basse temperature durante la fioritura, ondate di calore durante la fioritura e



nel successivo periodo riproduttivo e stress idrico, quando quest'ultimo dipende non solo dalla traspirazione relativa della coltura ma anche dal flusso evaporativo cumulato che favorisce un ulteriore disseccamento della coltura anche quando gli stomi sono già chiusi.

Questi concetti sono alla base del Progetto FP7/MODEXTREME (Modelling vegetation response to extreme events: KBBE.2013.1.4-09, Grant Agreement No. 613817, 2013-2016) il cui obiettivo generale è quello di aiutare l'agricoltura europea ed extra-europea ad affrontare gli eventi estremi climatici migliorando l'efficacia dei modelli matematici dei sistemi colturali nella simulazione

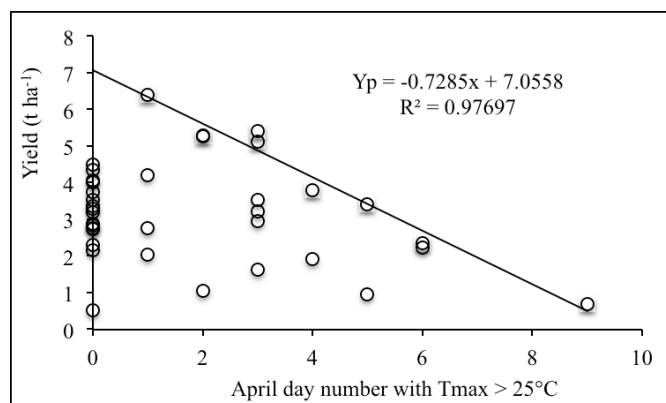


Fig.4 – Relazione fra resa e numero di giorni in aprile con Tmax > 25°C. E' riportata l'analisi di regressione rispetto ai valori più elevati di resa.

Fig.4 – Relationship between yield and day number in April with Tmax > 25°C. The regression analysis considering the highest values of yield is reported.

della risposta della coltura alla variabilità climatica ed eventi estremi. Tra gli obiettivi specifici, un posto preminente è occupato dalla formalizzazione di algoritmi che legano le variazioni dell'accrescimento, sviluppo e resa in risposta a valori estremi di temperatura dell'aria e/o stato idrico della pianta. Tali algoritmi sono applicati intorno al periodo in cui si verifica l'antesi (basse ed alte temperature) e durante il periodo della fase riproduttiva (alte temperature e water deficit). L'effetto combinato di tali fattori di stress si ripercuote sul valore finale di harvest index e quindi sulla produttività della pianta.

## Conclusioni

In questa nota sono stati approfonditi aspetti agronomici relativi all'effetto temporale e all'interazione di questo con i trattamenti di management dei residui colturali in una ricerca di lungo periodo in ambiente mediterraneo. Dal punto di vista agronomico, l'interramento dei residui colturali, rispetto alla bruciatura, si è palesato come scelta agronomicamente utile soprattutto se sostenuto da un piccolo apporto azotato durante il periodo compreso fra settembre e novembre e in concomitanza con una sufficiente disponibilità idrica del suolo, sempre nel periodo autunnale.

Lo studio dell'interazione "anno x trattamenti" ha dimostrato come il trattamento T3 (interramento con 50 kg ha<sup>-1</sup> di N) abbia mostrato un'alta efficacia produttiva, rientrando nei trattamenti più produttivi, quando tali condizioni si sono verificate. Con una successiva analisi di regressione è stato individuato il valore soglia di piovosità di 160 mm, da settembre a novembre, oltre il quale l'apporto azotato risulta "conveniente" dal punto di vista produttivo.

L'effetto "anno" è stato preponderante rispetto quello dei trattamenti e l'andamento della resa ha mostrato un trend lineare significativo da attribuire probabilmente al progresso genetico delle cultivar che sono state adottate nel periodo di ricerca esaminato. L'approfondimento successivo ha consentito di individuare i parametri meteorologici più significativi dal punto di vista produttivo. In particolare la resa dei frumento duro è stata direttamente proporzionale al deficit idrico (Pioggia – Evapotraspirazione) dei trimestri settembre-dicembre e gennaio-marzo e inversamente proporzionale al quadrato della temperatura minima del trimestre aprile-giugno.

Infine, è stato valutato l'impatto di eventi estremi meteorologici, in particolare alte temperature, e sono stati presentati approcci modellistici che possano descrivere il loro effetto sull'accrescimento e la produttività delle specie agrarie.

## Acknowledgements

This study was conducted in the context of "Modelling European Agriculture with Climate Change for Food Security" (MACSUR2) knowledge hub within JPI-FACCE, decree n. 24064/7303/15 of Italian Ministry for Agricultural, Food and Forestry Policies and European Project FP7 MODEXTREME (Modelling vegetation response to extreme events: KBBE.2013.1.4-09, Grant Agreement No. 613817, 2013-2016).

## Bibliografia

- Kissling W.D., Carl G., 2007. Spatial autocorrelation and the selection of simultaneous autoregressive models. *Global Ecol. Biogeogr.* 17, 59-71.
- Rodrigues M.S., Corà J.E., Castrignanò, A., Mueller T.G., Rienzi, E., 2013. A spatial and temporal prediction model of corn grain yield as a function of soil attributes. *Agron. J.* 105, 1878-1886.
- Ventrella D., Stellacci A.M., Castrignanò A., Charfeddine M., Castellini M. 2016. Effects of crop residue management on winter durum wheat productivity in a long term experiment in Southern Italy. *European Journal of Agronomy*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.02.010>.

# AGROMETEOROLOGY FOR EVERYBODY: THE H2ORT CASE STUDY

## AGROMETEOROLOGIA PER TUTTI: IL CASO H2ORT

Antonio Volta<sup>1\*</sup>, Giulia Villani<sup>1</sup>, Nicola Di Virgilio<sup>2</sup>, Vittorio Marletto<sup>3</sup>, Cesare Govoni<sup>1</sup>, Federico Carboni<sup>1</sup>,  
Michela Giusti<sup>1</sup>, Lucio Botarelli<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Agromet srl – Startup innovativa, via san Vitale 40/3, 40125, Bologna (BO)

<sup>2</sup> CNR IBIMET, via Gobetti 101, 40129, Bologna (BO)

<sup>3</sup> ARPAE SIMC – Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna, Servizio Idro Meteo Clima, viale Silvani 6, 40121, Bologna (BO)

\*[antonio.volta@agromet.it](mailto:antonio.volta@agromet.it)

### Abstract

One of the most important adaptation actions against climate change is the rational use of water resources. In the framework of agrometeorology and more in general in agriculture several techniques were set up to avoid the uncontrolled use of water. For instance the monitoring of soil moisture through devices or the development of modelling to assess water availability and evapotranspiration. The latter is of common use for agrometeorologists. Nevertheless the water consumptions due to plants include also sectors far from the above-cited research issues as for instance people managing public/private gardens and parks or social urban farming. In this study we present the preliminary results of the H2Oort project. H2Oort project is thought to implement a web app to assess the plant water needs for newbie producers, i.e. with few experience and being available few data for model implementation. The main aim of H2Oort is to make aware the inexperienced user about plant water needs. The communication will be a pillar of the project, and it must be effective to make agrometeorology a useful tool for a broader society segment. During the project we will evaluate the environmental benefits that such a tool can bring at urban scale.

### Keywords

Evapotranspiration, web app, communication and dissemination, urban farming

### Parole chiave

Evapotraspirazione, web app, comunicazione e divulgazione, orti urbani

### Introduction

Water supply has become a crucial problem in the last decades and the climate change scenarios predict that it will be the global challenge in the next years. The future of developing and developed countries will depend on the success of concrete actions aimed to tackle this issue. According to climate change projections (IPCC, 2014), the Euro Mediterranean basin is one of the hot spot of global warming and also in our latitudes we are nowadays experiencing water scarcity and drought events; their frequency will progressively increase.

From global scale to local scale, the observed climate variability in Bologna over the period 1951-2011 has dramatically changed: temperatures show a positive trend at seasonal and annual level (also an increase in heat waves had been recorded). An increase in the dry days and intense precipitation has been detected in summer, especially in the last decade (BlueAp, LCP).

On the other hand, in Bologna, social vegetable gardening involves a high number of citizens: in 2014, 2645 people cultivated an urban garden on public land and the waiting list reaches 4678 applications (around 2% of its inhabitants). According to the report *Bologna città degli orti* (2014), in the city urban gardens cover about 30 hectares, subdivided into 20 municipal urban gardens, 77 urban gardens managed by schools, and 56 gardens classified as "other typologies". The benefits of urban farming by producing food as "local" as possible, decrease the "food miles" associated to long-distance transportation and, consequently, the impact in terms of GHG emissions.

Hence urban farming is a necessary revolution but it needs some caution: if on one side urban farming has a long list of positive impacts such as mitigation of the urban heat island phenomenon, on the other side, farming is a water consuming activity conflicting with civil use; indeed in Bologna drinkable water, the most precious resource, is used in urban gardening. It should also be pointed out that urban gardeners are often non expert professionals neither farmers so they irrigate crops by calendar and not by actual crop water needs. Hence, an impressive volume of drinkable water is wasted: from data collected in 6 years in the Paleotto urban garden (Bologna) the mean irrigation water is about 300 mm/year. This means that for the whole town on average the irrigation water demand exceeds 90000 m<sup>3</sup>/year (corresponding to the annual consumption of about 1500 people), doubling the actual standard needs of highly water demanding crops. The H2Oort project is aimed to match the needs of the urban gardening sector about water issues by means of a web-based irrigation supporting tool. In more details, the project aims to release a web application (that is currently developed by Agromet at a very basic stage) to provide information about irrigation.

### Materials and Methods

H2Oort is a platform at an early stage to support water management over the whole garden city network, improving the overall urban water management. H2Oort project works at local scale, pursuing the accomplishment of an innovation opportunity at district and city level: the potable water saved by means of H2Oort will bring benefits

to the involved cities. From a first survey, advanced tools for intensive agriculture have been developed but they need several input which normally are not available for urban gardeners. Whereas a simple tool as H2Ort, devoted to water rationalisation at urban farm scale that needs few data as input, doesn't exist.

In more technical details, H2Ort will have a user friendly interface also for beginners of both IT and agriculture. The interface will be fed by: 1) a weather Data Base that downloads and stores real time weather data from meteorological stations network (open data coming from public agencies), see Figure 1-a; 2) a water balance algorithm (Hargreaves and Samani, 1985) to compute crops irrigation water needs, depending only on daily temperatures and precipitation. The farmer will choose the crop and he will be asked by the system about just one information: the number of days from the last irrigation. H2Ort will return the actual crop water need, see Figure 1-b. The H2Ort idea fits in the framework of open data policy recently adopted by public administrations, these data allow to develop new services, cutting expenses for data collection.

A crucial role to broadcast H2Ort will be played by dissemination activities and the data provided pilot cases we are convinced we can expand the interest for H2Ort at least to the whole Mediterranean basin. The easiness of scalability of this business model to other realities is a strength of the project: H2Ort can be easily implemented wherever open weather data are available. The business model described above is thought for Italian urban garden scenarios, where the water price is not a constraint, whereas in different realities where water prices are higher another business model should be adopted: H2Ort could be directly sold to urban farmers.

## Results and Discussion

The first results of H2Ort are explained by the figures reported below. By means of graphics and downloadable data the user can get the volume of water to provide to crops by means of the evaluation of the evapotranspirative demand. By comparing the water needs with the meteorological trend the user could identify a rude relationship between weather data and water consumption. The next step of H2Ort will be to perform calculation depending on weather forecast. Thus H2Ort will become also a smart tool to plan in advance irrigation, for instance in case of summer holidays.

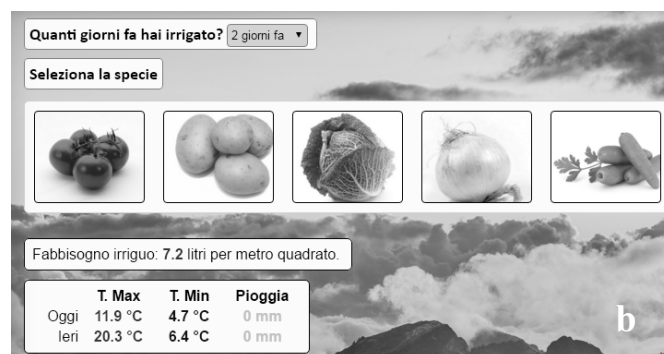
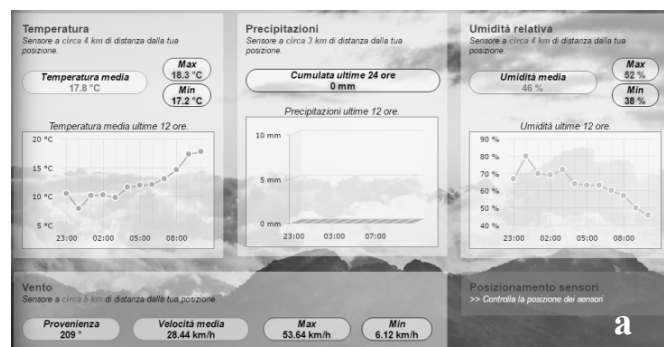


Fig.1 – Interfaccia di H2Ort. a) Visualizzazione di dati meteorologici; b) Visualizzazione del consiglio irriguo.

Fig.1- H2Ort interface. a) Weather data visualization; b) Irrigation assessment visualization.

## Conclusions

In this work we presented the early stage of the H2Ort project. We are convinced that this kind of tool is an opportunity to make aware a big portion of population about the main aspects of agrometeorology and the importance of agrometeorology in contrasting climate change impacts. In particular H2Ort is an adaptation tool, which with a little effort brings readable advantages for users and public administrations. In this vision we want to develop further simplified and understandable tools based on agrometeorology which help to identify the order of magnitude of the prevailing variables and inputs in order to avoid waste and environmental damages.

## Bibliography

- BlueAp (2014). Local Climate Profile, available at: [http://www.blueap.eu/site/en/the-local-climate-profile-is-now-on-line-the-observed-climate-variability-at-bologna-city/Bologna città' degli orti](http://www.blueap.eu/site/en/the-local-climate-profile-is-now-on-line-the-observed-climate-variability-at-bologna-city/Bologna%20citt%C3%A0%20degli%20orti), available at: [http://www.comune.bologna.it/media/files/relazione\\_orti\\_urbani\\_a\\_bologna.pdf](http://www.comune.bologna.it/media/files/relazione_orti_urbani_a_bologna.pdf) (in Italian)
- Hargreaves, G. H., Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1(2), 96-99
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & Dubash, N. K. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

# ANALISI DELLE POTENZIALITÀ RIVOLTE AL CONTESTO CLIMATICO NEI PIANI DI SVILUPPO RURALE IN 4 REGIONI EUROPEE

## ANALYSIS OF THE POTENTIAL TO ADDRESS CLIMATE CONCERNS IN THE RURAL DEVELOPMENT PROGRAMS IN 4 EUROPEAN REGIONS

Jose Maria Garcia Alvarez-Coque<sup>1</sup>, Camilla Chieco<sup>2</sup>, Nicola Di Virgilio<sup>2</sup>, Ingrid Coninx<sup>3</sup>, Dionisio Ortiz Miranda<sup>2</sup>,  
Madlaina Zegg<sup>4</sup>, Trinity Enviro<sup>5</sup>, Federica Rossi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Spain

<sup>2</sup>National Research Council of Italy, Bologna, Italy

<sup>3</sup>Alterra Wageningen UR, The Netherlands

<sup>4</sup>South Pole Group, Zürich, Switzerland

<sup>5</sup>Bence Fülöp, Trinity Enviro, Budapest, Hungary

\* f.rossi@ibimet.cnr.it

### Abstract

Rural Development Programmes (RDPs) are a step to mainstream climatic concerns in the Common Agricultural Policy (CAP). National and regional RDPs were approved in 2015 and include financial instruments that promote adaptation and mitigation strategies and stress how climate-smart solutions need to be adopted and adapted to territorial needs. Here we present a comparative assessment of actions undertaken by two EU Member States (NL and HU) and two regions (Emilia Romagna IT and Valencia SP), which represent distinct agriculture and forest systems. In particular, we explore how CAP pillar II policies are targeted to climate objectives through different measures, including compensation for extra cost of environmental and climate services, investments in physical assets and innovation strategies.

### Parole chiave

PAC, politiche ambientali, agricoltura climate smart, mitigazione, adattamento

### Keywords

CAP, environmental policies, climate smart agriculture, mitigation, adaptation

### Introduction

2014-2020 National and Regional Rural Development Programmes (RDPs) include financial instruments designed to promote mitigation and adaptation strategies for agriculture to enhance biodiversity, environmental value of rural landscapes, efficient water management and the transition to a low carbon bio-based economy with reduced rates of GHG and ammonia emissions.

Although RDPs follow a common regulatory framework (EU, 2014), the focus that each of them devoted to climate targets changes between regions. The evidence of climate pressures on European agricultural systems is largely substantiated, the urgency to promote and adapt to territorial needs climate smart agriculture (CSA) solutions merged at many different levels, UN and FAO included. This paper presents a comparative assessment of actions undertaken by two national programmes of EU Member states, the Netherlands (NL) and Hungary (HU), and by two regions, Emilia Romagna (ER) and Valencia (VLC), representing distinct agricultural and forest systems.

While CAP Pillar I policies have been criticised by their lack of ambition in providing environmental public goods (Mathews, 2013; Van Zanten et al., 2014), we explore here how CAP Pillar II policies target, through different measures, climate objectives, including compensation for extra-cost of environmental and climate services, investments in physical assets and innovation strategies.

This study, carried out within the Climate KIC flagship project CSA Booster, intended to support the construction

of a “policy hub” to identify policies able to support the implementation of a climate resilient and low emitting agriculture.

### Materials and methods

RDPs Priorities P4 (‘Restoring, preserving and enhancing ecosystems’) and P5 (‘Resource efficiency and shift to a low carbon and resilient economy’) contain elements directly connected to climatic issues and bio-economy. Two regional programmes (Emilia Romagna and Valencia) and two national programmes (some Member State approved a unique RDP for the whole Country) were analysed.

In a first stage, we built comparative tables (with budget allocations) of specific measures, sub-measures and actions directly linked to the focus areas corresponding to climate priorities. Such comparison provided a comprehensive picture of the degree of specialization of Pillar II policies related to climate targets, and allowed to describe the “supply” of climate policies by RDPs. This exercise is assumed as a pilot for a database that in the near future can potentially cover the 118 RDPs adopted.

Budget data were directly extracted from 2014-2020 RDPs. Links between the instruments covered in the studied cases and specific climate mitigation and adaptation targets were evaluated. Following Iglesias et al. (2012b), policies studied were grouped in mitigation (reduction of CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> and CO<sub>2</sub> emissions, efficiency in soil, energy and water management, carbon sequestration and soil enrichment) and adaptation targets (decreased crop productivity, pests,

diseases, weeds, risk of floods, water scarcity, soil erosion, salinity, desertification and pressures on livestock conditions).

## Results and Discussion

A significant share of the RDPs' budget addresses climate objectives under priorities P4 and P5.

Percentages of foreseen overall public expenditure in both priorities are 42.8% in HU, 43.9% in ER, 51.3% in NL and 51.6% in VLC. RDPs is hence representing a real opportunity to encourage rural policies to address the provision of public goods related to climate issues.

A wide range of measures are covered, including knowledge transfer and information (M1), advisory services (M2), investment in physical assets (M4), business development (M6), basic services in rural areas (M7), investments in forested areas (M8), compensation payments for environmental commitments in agricultural areas (M10), organic farming (M11), provision of public goods related to Natura 2000 areas and the Water Framework Directive (M12), payments to mountain agriculture with natural constraints (M13), compensation payments in forested areas (M15), and promotion of cooperation among actors (M16).

Regional specialization in the policy supply is consistent with specific objectives adapted to the local specific regional characteristics. Differences in environmental and climate-targeted aids can be grouped in three types: (i) knowledge, social capital and cooperation; (ii) compensation payments; and (iii) investment in physical assets, with a substantial participation of type (ii) measures in all the studied regions. Type (i) measures are significant only in ER and HU, which would suggest that some further step should be made for RDPs to promote innovative conditions for CSA solutions. Type (ii) policies account for a share in overall programmes' expenditure ranging between 25.4% in VLC to 30.8% in NL. Type (iii) measures are less relevant in ER and HU and more focalized in NL, with addresses on non-productive investments in water, biodiversity and landscape, nature, and nitrates; and in VLC, with significant investments for irrigation infrastructure and conservation of wetlands.

Adaptation policies are mostly covered by measures under priority P4, which refer to preservation of agricultural and forest ecosystems, favouring in many respects adequate management practices and investments to protect farm holdings from the risks associated to climatic pressures.

Agri-environmental payments for compensation of voluntary agricultural practices, referred to P4, are a core point in all the 4 cases, and account between 14% and 30% of the total RDP expenditure. Organic farming is particularly significant in ER and HU, with 8.5% and 5% of total public expenditure respectively. Compensation payments to agricultural areas with natural handicaps appear most relevant in ER with 7.6% of total budget. Investment aids in agricultural and food holdings are key measures in HU and VLC for energy and water projects

linked to P5. Forest measures also are relevant in both regions.

NL concentrates over 50% of its budgeted RDP' public expenditure on two measures (agri-environment and climate compensation and investment in physical assets), mainly directed to P4. Although NL does not allocate budget to P5, as opposite to the other regions considered, other economic and social priorities of the Dutch RDP are targeted explicitly on P5 focus areas as secondary or indirect objectives, so climate concerns spread over the whole programme. The other three regions have more diversified measures in P4 and P5.

Thus, the measures with shares over 1.5% of the overall RDP budget are 5 in ER, and 6 in HU and VLC. While the RDPs allow for flexibility in the types of measures to adapt to climate needs of EU regions, management costs can significantly increase where measures are fragmented into a significant number of actions.

Source: Rural Development Programmes (2014 – 2020)

## Conclusions

RDPs foreseen a range of investments to mitigate GHG and to make agriculture more adapted to climate change and variability. The differences in the RDPs among countries mostly reflect the differences in the local agricultural sectors, while the climate-related public expenditure per hectare are quite similar among the countries.

Implementation and monitoring are key factors of success to guarantee that measures are properly applied and so, there is the potential to actually influence the transition to a sustainable bio-economy. The actual management of the approved measures can make the difference in orientating Pillar II policies to promote green objectives. Further efforts should contribute to (i) make the existing measures effective; and (ii) progressively integrate CSA solutions in future adjustments of RDPs.

The exercise presented here will be further developed in the next year to evaluate how rural instruments (policy supply) match the adaptation and mitigation targets (policy needs). Climate evaluation of RDPs is relevant for future CAP reforms, where the EU can move towards a greener Pillar I or to integrating Pillar I with Pillar II into a common climate framework. Finally, transition to a low carbon bio-economy requires removing transaction costs of implementing CSA solutions, with further analysis of the regulatory framework, red tape, cultural change, and social innovations, beyond the CAP.

## References

- EU 2014. EU Regulations 1303 and 1305/2013, Commission Delegated Regulation 807/2014 and Commission Implementing Regulation 808/2014.
- Frelh-Larsen, A., MacLeod, M., Osterburg, B., Eory, A. V., Dooley, E., Kätsch, S., Naumann, S., Rees, B., Tarsitano, D., Topp, K., Wolff, A., Metayer, N., Molnar, A., Povellato, A., Bochu, J.L., Lasorella, M.V., Longhitano, D. (2014) Mainstreaming climate change into rural development policy post 2013. Ecologic Institute, Berlin.

- Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S., & Moneo, M. (2012a) A regional comparison of the effects of climate change on agricultural crops in Europe. *Climatic Change*, 112(1), 29-46.
- Iglesias, A., Quiroga, S., Moneo, M., & Garrote, L. (2012b). From climate change impacts to the development of adaptation strategies: challenges for agriculture in Europe. *Climatic Change*, 112(1), 143-168.
- Mathews, A. (2013) Greening agricultural payments in the EU's Common Agricultural Policy. *Bio-based and Applied Economics* 2 (1), 1- 27.
- Van Zanten, B. T., Verburg, P. H., Espinosa, M., Gomez-y-Paloma, S., Galimberti, G., Kantelhardt, J., Kapfer, M., Lefebvre, M., Manrique, R., Piore, A., Raggi, M., Schaller, L., Targetti, S., Zasada, I., Viaggi, D. (2014) European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. *Agronomy for sustainable development*, 34(2), 309-325.



# SERVIZIO WEB PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DI DILAVAMENTO DEI FERTILIZZANTI AZOTATI IN EMILIA-ROMAGNA

## *A WEB SERVICE TO SUPPORT REDUCTION OF N-FERTILIZERS LOSSES IN EMILIA-ROMAGNA*

Gabriele Antolini<sup>1\*</sup>, Nicola Benatti<sup>2</sup>, Lucio Botarelli<sup>1</sup>, Gianni Cassanelli<sup>2</sup>, Emanuele Di Giacomo<sup>1</sup>, Nicola Laruccia<sup>2</sup>,  
Vittorio Marletto<sup>1</sup>, Andrea Pasquali<sup>1</sup>, William Pratizzoli<sup>1</sup>, Francesco Siviero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente Energia - Servizio IdroMeteoClima, viale Silvani 6, 40122, Bologna

<sup>2</sup> Servizio Sviluppo delle produzioni vegetali – Regione Emilia-Romagna, viale della Fiera 8, 40127 Bologna

\*[gantolini@arpa.emr.it](mailto:gantolini@arpa.emr.it)

### Abstract

A new operational web service has been devised for supporting farmers, with the aim of limiting losses of nitrogen due to heavy rainfalls following spring fertilizations on winter wheat. The service provides, at the regional level and at a detailed scale, daily web maps of current water status of the soil, and forecasts of precipitation and total (surface + hypodermic) outflow. The numerical data are output from the water balance model Criteria, which is fed by gridded meteorological data for the past (interpolated from station data) and for the future ten days (output from meteorological models). The water outflow maps give quantitative information on the nitrogen potentially washed away after fertilization with the surface and subsurface waters, providing the users with indication on the optimal temporal window for fertilizer distribution.

### Parole chiave

Azoto, ruscellamento superficiale, deflusso ipodermico, frumento, Criteria

### Keywords

Nitrogen, runoff, seepage, winter wheat, Criteria

### Introduzione

I nutrienti di origine agricola sono da diversi anni oggetto di grande attenzione per l'effetto che inducono sulla qualità dell'ambiente. La loro presenza è la principale causa delle azioni di eutrofizzazione dei corpi idrici superficiali, fluviali e lacustri, nonché delle zone marine a ridosso delle foci di una certa importanza. Altrettanto vulnerabili appaiono le acque di falda, la cui concentrazione in nitrati può dar luogo a problemi sanitari dovuti alla riduzione a nitriti (WHO, 2011). A livello comunitario, nazionale e regionale sono stati introdotti numerosi strumenti normativi per la protezione delle acque superficiali e profonde da concentrazioni eccessive di nitrati (Direttiva 91/676/CEE, D.L. 3 aprile 2006, n. 152, Regolamento Emilia-Romagna 4/1/2016, n°1). Le modalità e i tempi di distribuzione dei fertilizzanti azotati possono influire anche in maniera indiretta sulla qualità dell'ambiente, tramite il rilascio in atmosfera di potenziali precursori del particolato atmosferico secondario (es.  $\text{NH}_3$ ) e di gas climalteranti (es.  $\text{N}_2\text{O}$ ) (vedesi per questo le premesse e i risultati del progetto Life+ Climate ChangER, [www.http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/climatechanger](http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/climatechanger)).

Nella realtà agricola dell'Emilia-Romagna, circa 220.000 ettari sono coltivati a cereali autunno-vernini e 115.000 a cereali estivi. Per i primi, la concimazione azotata prevede generalmente l'apporto di 30 unità in presemina, 150-180 in copertura. Per i cereali estivi la concimazione azotata prevede generalmente l'apporto di 50 unità in presemina, 150-200 in copertura. La concimazioni in copertura possono essere soggette a dilavamento in occasione di

eventi piovosi particolarmente intensi in quanto il concime non viene interrato mediante lavorazione. Tali fertilizzazioni costituiscono quindi un momento estremamente critico per la perdita di nitrati dai sistemi agricoli verso i corpi d'acqua superficiali, in quanto coesistono alcuni fattori di rischio: a) forte suscettibilità al dilavamento del concime; b) elevata e crescente frequenza di piogge intense a fine inverno-primavera; c) concentrazione in un arco temporale ristretto di interventi di fertilizzazione sulle superfici coltivate a cereali.

Il cambiamento climatico in atto e previsto dalle proiezioni più recenti (IPCC, 2013) sembra confermare la tendenza per gli anni futuri a un aumento in intensità e frequenza degli eventi precipitativi estremi. L'aumento nella frequenza di piogge intense di natura convettiva porterà inevitabilmente a un incremento del rischio di scorrimento superficiale e ipodermico, e del conseguente dilavamento dei nutrienti dai primi strati del terreno.

Al fine di contribuire alla riduzione del rischio del dilavamento dell'azoto, che comporta sia inquinamento delle acque sia riduzione dell'efficacia delle fertilizzazioni (maggiori costi o minori rese produttive), è stato progettato in questi mesi un servizio web per l'assistenza alla scelta del momento ottimale delle concimazioni azotate in copertura nel frumento, rivolto a tecnici e agricoltori, in collaborazione tra ARPAE e Regione Emilia-Romagna.

### Materiali e Metodi

Il servizio, attualmente in fase di prototipo, è stato realizzato ed è operativo presso le macchine di calcolo

ARPAE, ed è al momento accessibile solo tramite autenticazione a utenti selezionati.

Il servizio si basa sull'applicazione a livello territoriale del modello di bilancio idrico Criteria (Marletto *et al.*, 2007; Tomei *et al.*, 2007), realizzato da ARPAE Servizio IdroMeteoClima, che simula, in modalità unidimensionale, la dinamica dell'acqua del sistema pianta-suolo-atmosfera. Criteria modella i principali processi naturali e antropici all'interno del suolo (Fig. 1).

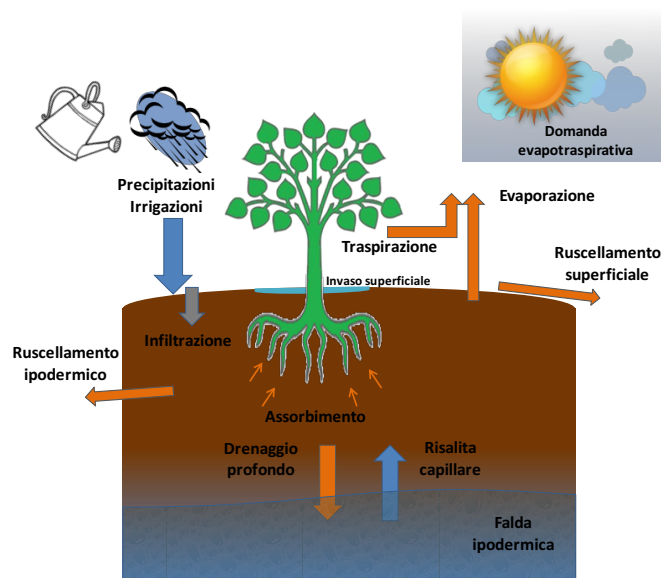


Fig.1 - Schema concettuale della modellazione del bilancio idrico in Criteria.

Fig.1- Conceptual scheme of water balance modeling in Criteria.

Nella versione geografica, Criteria simula il flusso idrico nel suolo con uno schema concettuale "a cascata", utilizzando per la stima della relazione tra contenuto idrico volumetrico e tensione matriciale nel suolo la pedofunzione di Van Genuchten (1980). I dati pedologici sono desunti dal catalogo e dalle mappe dei suoli disponibili per la regione (fonte: Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna). La vegetazione è schematizzata da una parte epigea (fuori dal suolo), rappresentata dall'indice di area fogliare (LAI), e una parte ipogea (entro il terreno), rappresentata da una funzione descrittiva della forma e delle dimensioni radicali. In questo primo prototipo, viene simulato il frumento tenero su tutta la regione.

Le unità di elaborazione sono create dall'intersezione tra i poligoni della carta dei suoli e le celle della griglia meteorologica ERG5 (Fig. 2). Il modello è eseguito per ogni possibile combinazione univoca di suolo e meteo.

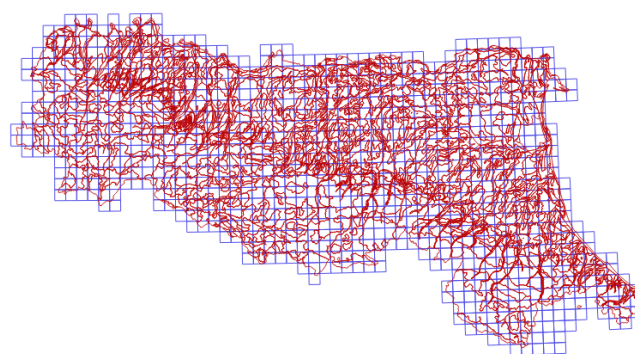


Fig.2 - Griglia meteorologica ERG5 (blu) e unità pedologiche (rosso) in Criteria.

Fig.2- ERG5 meteorological grid (blue) and pedological units (red) in Criteria.

ERG5 rappresenta la struttura di dati che viene utilizzata operativamente al Servizio IdroMeteoClima per interpolare i dati puntuali relativamente alle principali variabili di interesse agrometeorologico. Sulla stessa griglia vengono ricampionati i dati previsionali forniti dal modello meteorologico Cosmo-Lami (Schaeffler *et al.*, 2012) a 3 giorni, risoluzione 7 km, e del modello ECMWF (Hólm *et al.*, 2016) a 10 giorni, risoluzione 16 km.

Nella procedura operativa definita per questo specifico servizio, Criteria viene alimentato con gli input meteorologici relativamente al passato e al futuro, fino a 10 giorni. La simulazione viene fatta partire dall'anno precedente rispetto a quello corrente, per garantire un adeguato riscaldamento del modello e uno stato idrico del suolo più realistico. Ogni giorno il modello riparte dallo stato precedentemente salvato, simula l'ultimo giorno per cui sono disponibili i dati osservativi (ieri) fino all'ultima scadenza previsionale.

Dopo la simulazione, vengono create le mappe numeriche relativamente alle variabili più rilevanti per valutare lo stato idrico del terreno e il rischio di dilavamento dei fertilizzanti eventualmente apportati:

- deficit idrico totale sul profilo;
- precipitazioni previste per ogni giorno di previsione;
- precipitazioni totali previste per i prossimi 3 giorni;
- precipitazioni previste per i 7 giorni successivi;
- ruscellamento totale (runoff + deflusso ipodermico) previsto per i prossimi 3 giorni;
- ruscellamento totale previsto per i 7 giorni successivi.

La quantità di acqua che si infila nel terreno dipende dalle condizioni della superficie e dalle caratteristiche idrologiche del primo strato di suolo e dal suo contenuto idrico. Il deficit idrico totale rappresenta la somma dei deficit di ogni strato di calcolo rispetto alla capacità di campo. L'acqua che non può essere assorbita dal terreno si raccoglie in un serbatoio superficiale (pozzanghere), la cui dimensione è legata alla scabrezza della superficie. L'acqua in eccesso rispetto al volume stoccabile in questo serbatoio



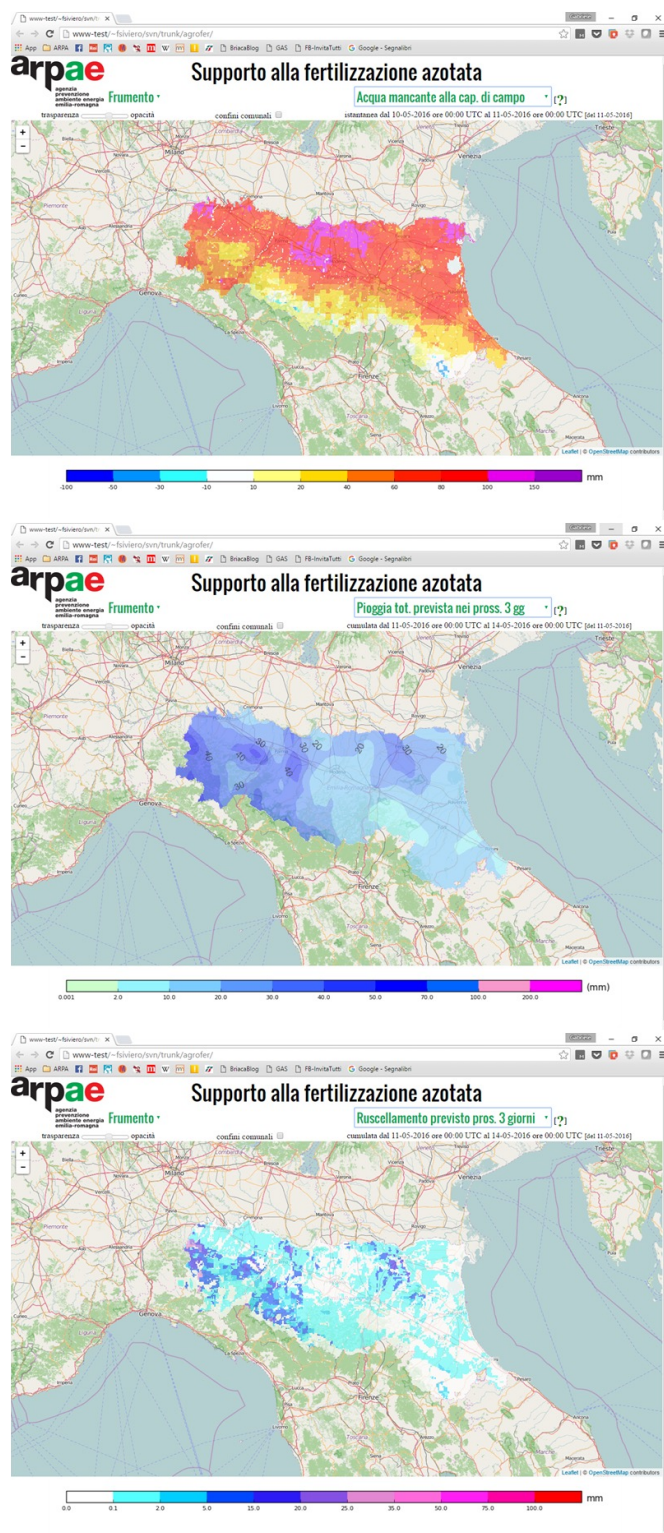


Fig.3 – Esempi di mappe in output disponibili nel servizio web: deficit idrico totale attuale (in alto), precipitazioni (al centro) e ruscellamento totale (in basso) previsti per i prossimi 3 giorni.

Fig.3 – Examples of output maps available on the web service: current total water deficit (top), forecast precipitation (middle) and total runoff (bottom) for the following 3 days.

viene considerata come defluente per ruscellamento superficiale. Inoltre, l'acqua infiltrata, ma eccedente la capacità di ritenzione dello strato superficiale, viene considerata come deflusso ipodermico verso le scoline. L'entità di questa aliquota dipende dalla profondità delle scoline e dalle dimensioni e pendenza dell'appezzamento. Il ruscellamento totale fornisce indicazioni sulla possibilità di dilavamento dell'eventuale fertilizzante distribuito in superficie.

## Risultati e Discussione

Le mappe in output sono caricate automaticamente su un web server GIS negli appositi formati e corredate con opportune legende (Fig. 3). È possibile regolare la trasparenza delle mappe, e utilizzare gli strumenti di navigazione e ingrandimento, fino a raggiungere il dettaglio desiderato (Fig. 4), sfruttando anche le informazioni geografiche dello sfondo. Si possono altresì visualizzare i limiti comunali per facilitare la lettura.

La mappa più rilevante, quella del ruscellamento previsto (a diverse scadenze), fornisce all'utente le informazioni sul rischio di dilavamento di azoto, quindi ha la possibilità di programmare al meglio l'eventuale fertilizzazione. Attraverso le mappe giornaliere di previsione di pioggia, si può inoltre individuare nel dettaglio la finestra temporale ottimale per lo spandimento.

## Conclusioni

Il nuovo prototipo di servizio web di supporto alla fertilizzazione azotata, realizzato da ARPAE e Regione Emilia-Romagna, supererà la fase sperimentale nei prossimi mesi, dopo aver perfezionato alcuni dettagli tecnici. Successivamente, verificato il numero di utenti potenziali, e il conseguente potenziale carico di richieste ai server, sarà aperto al pubblico. Il servizio sarà promosso e presentato a tutti i potenziali utenti operanti nel campo della fertilizzazione (agricoltori, tecnici agricoli, tecnici della Pubblica Amministrazione). Oltre al frumento, saranno altresì effettuate le simulazioni e pubblicate le mappe di output per altre colture rappresentative (es. mais).

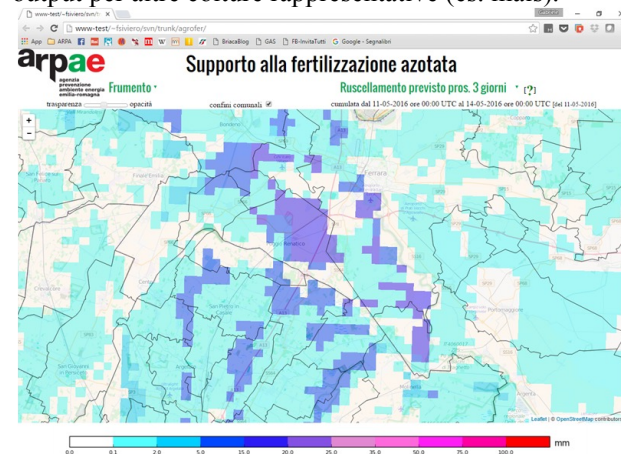


Fig.4 – Ingrandimento della mappa di ruscellamento totale previsto (Fig. 3).

Fig.4 – Zooming of the forecast total runoff map (Fig. 3).

## Bibliografia

ARPAE, a cura di, 2015. L'origine dei nitrati - Nuovi strumenti di indagine per la definizione delle aree vulnerabili. *Ecoscienza* 2015/2, 59-69.

Hólm E., Forbes R., Lang S., Magnusson L., Malardel S., 2016. New model cycle brings higher resolution. *ECMWF Newsletter* no.147, 14-19. Available under <http://www.ecmwf.int>

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

Marletto V., Ventura F., Fontana G., Tomei F., 2007. Wheat growth simulation and yield prediction with seasonal forecasts and a numerical model. *Agric. For. Meteorol.* 147: 71-79.

Schaettler U., Doms G., Schraff C., 2012. A description of the nonhydrostatic regional COSMO-model. Part VII: User's guide. Available under <http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/cosmoUserGuide.pdf>

Tomei F., Antolini G., Bittelli M., Marletto V., Pasquali A., Van Soetendaal M., 2007. Validazione del modello di bilancio idrico CRITERIA. Italian Agrometeorology Association Conference Proceedings "Agrometeorologia, sostenibilità ambientale e desertificazione", May 29-30 Isola Capo Rizzuto (KR) - May 31 Lorica(CS).

Van Genuchten M.T., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:892-8.

World Health Organization. 2011. Nitrate and Nitrite in Drinking-water. WHO/SDE/WSH/07.01/16/Rev/1. Geneva:World Health Organization.

Van Genuchten MT., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:892-8.

# STIMA DELLA TORBIDITÀ ATMOSFERICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA MODELLISTICA DELLA RADIAZIONE SOLARE

## QUANTIFYING ATMOSPHERIC TURBIDITY IN EMILIA-ROMAGNA FOR SOLAR RADIATION MODELING

Gabriele Antolini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ARPAE-SIMC, viale Silvani 6, 40122, Bologna  
[\\*gantolini@arpa.emr.it](mailto:gantolini@arpa.emr.it)

### Abstract

Atmospheric turbidity is the main parameter controlling the attenuation of solar radiation reaching the Earth's surface under cloudless sky conditions. Hourly global irradiances from ARPAE regional network were used to estimate the optimized monthly values of Linke factor. Selection criteria based on thresholds of irradiance and clearness index were used, in order to select clear sky hourly data only. Data were also divided based on temporal distance from rain events. As expected, a strong intra-annual variability was found, with double values in summer with respect to winter for several sites. Notable differences were found between monthly stations in cities not far from each others, indicating different level of pollution. Rural stations turbidity values are much lower than urban areas. Differences in turbidity computed right after and far from rain events are also found and discussed. No significant trends were found in the temporal series of annual optimized values.

### Parole chiave

Fattore di torbidità di Linke, radiazione a cielo sereno, irradianza solare

### Keywords

Linke turbidity factor, clear sky radiation, solar irradiance

### Introduction

Turbidity of atmosphere is the main cause of attenuation of solar radiation reaching the earth surface during clear sky conditions, due to the atmospheric absorption and scattering by the aerosol particles and the absorption by the water vapor. Its knowledge is of particular importance for the computation of both beam and diffuse irradiances, hence for the prediction of the solar radiation availability in several fields (climatology, meteorology, agriculture, renewable energy) (Eltbaakh et al., 2012). Turbidity shows a large variability both in time and space, being related to aerosol concentration and its characteristics (particularly their optical properties), and on water vapor concentration. These are dependent on weather, levels of pollution, volcanic activities, and other anthropogenic and natural conditions.

Direct quantifications of turbidity are rare, being inherently difficult and expensive. The Linke (1922) turbidity factor is a widely used approximation of the spectrally integrated turbidity of atmosphere (WMO, 1981). It is defined as the number of dry atmosphere necessary to cause the attenuation of extra-terrestrial radiation produced by the real atmosphere. The Linke factor is a key input for several models assessing the clear sky solar irradiance. It ideally ranges from 1 to 10, but usually assumes values between 2 (extremely clean and dry atmosphere) and 8 (very polluted atmosphere). The Linke factor could be obtained directly from beam irradiance measurements in very clear sky conditions, but more commonly it is estimated as long term monthly averages, which are usually sufficient for most

applications. Several methods for the estimation can be found in the literature: from time series of daily global horizontal irradiation (Aguiar, in ESRA 2000), monthly Angström sum (Page, 1986), aerosol properties and water vapor content (Gueymard 1994) or subjective assessments of the type of atmospheric conditions prevailing in the region of interest (linear regression with latitude and with the Atmospheric Turbidity Index, Dogniaux and Lemoine, 1983). Values of turbidity Linke factor are available on a monthly basis as gridded dataset or related to specific locations (Remund et al., 2003), but their resolution is often too small when modeling solar radiation at the regional or more detailed scale.

### Materials and Methods

A module has been recently introduced in PRAGA software (Antolini and Tomei, 2006) to model solar radiation taking into account shadowing due to topography. Measurements of global irradiance are used as input in order to estimate the atmospheric transmissivity, which is used to compute real sky hourly irradiance on a regular gridded dataset covering the whole regional territory. Radiation data and other derived variables, such as Penman-Monteith reference evapotranspiration, are regularly disseminated to several users as input for agricultural modeling (e.g. plant diseases, water balance).

The Linke turbidity factor is used as input in the equations for clear sky horizontal beam and diffuse irradiance  $B_c$  and  $D_c$ :



$$B_c = I_0 \varepsilon \sin \gamma_s \exp(-0.8662 T_L(AM2) \cdot m \cdot \delta_r(m)) \quad (1)$$

$$D_c = I_0 \varepsilon T_{rd}(T_L(AM)) F_d(\gamma_s, T_L(AM)) \quad (2)$$

where  $I_0$  is the solar constant ( $1367 \text{ W m}^{-2}$ ),  $\varepsilon$  the correction for the variation of sun-earth distance from the mean value,  $\gamma_s$  the solar altitude angle,  $T_L(AM2)$  the Linke turbidity factor for an air mass equal to 2,  $m$  the relative optical air mass at sea level,  $\delta_r$  the integrated Rayleigh optical thickness due to pure molecular scattering,  $T_{rd}$  a diffuse transmission function and  $F_d$  a diffuse angular function, both depending on turbidity. Thus, the Linke turbidity factor is crucial in modelling the proportion between beam and diffuse components: beam component decreases with Linke, while diffuse radiation dependence on turbidity is more complex, usually decreasing with it, for high sun elevations. Linke factor could be estimated by inverting equation (1), when observed values of clear sky beam irradiances are available. Since these measurements are not available on a regional scale for Emilia-Romagna, the method proposed here is based on hourly global horizontal irradiances, measured on several stations of ARPAE monitoring network (Fig. 1).

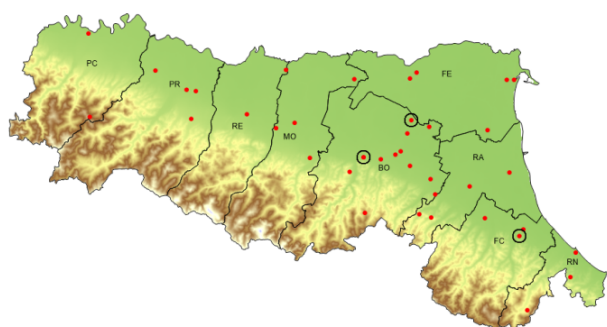


Fig.1 – Stations measuring global irradiance in Emilia-Romagna. Stations selected for the present study are also shown (black circles).

Fig.1 – Stazioni di misura dell'irradianza globale in Emilia-Romagna. Sono evidenziate anche le stazioni selezionate nel presente studio (cerchi neri).

Observed values were compared with estimates of the values of global hourly irradiances as the sum of the beam and diffuse components using specific values of the Linke turbidity factors. By iterating the computation with Linke varying in a specified interval, it is possible to identify the value which produces the minimum error. Here Linke is increased by 0.2 from a minimum value of 2 to a maximum of 7. The analysis was produced at the monthly and annual time scale, using the Compound Relative Error (CRE) as the indicator of the performance of the estimations:

$$CRE = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - o_k)^2}{\sum_{k=1}^n (o_k - \bar{o})^2}$$

where  $o_k$  and  $y_k$  are the observed and the estimated values respectively,  $n$  is total number of stations and  $\bar{o}$  the average of observed values. Each observed and modelled value

referring to a specific month (year) are used to populate pair samples, for which CRE was computed. The minimum CRE indicates the optimal value of the Linke turbidity factor.

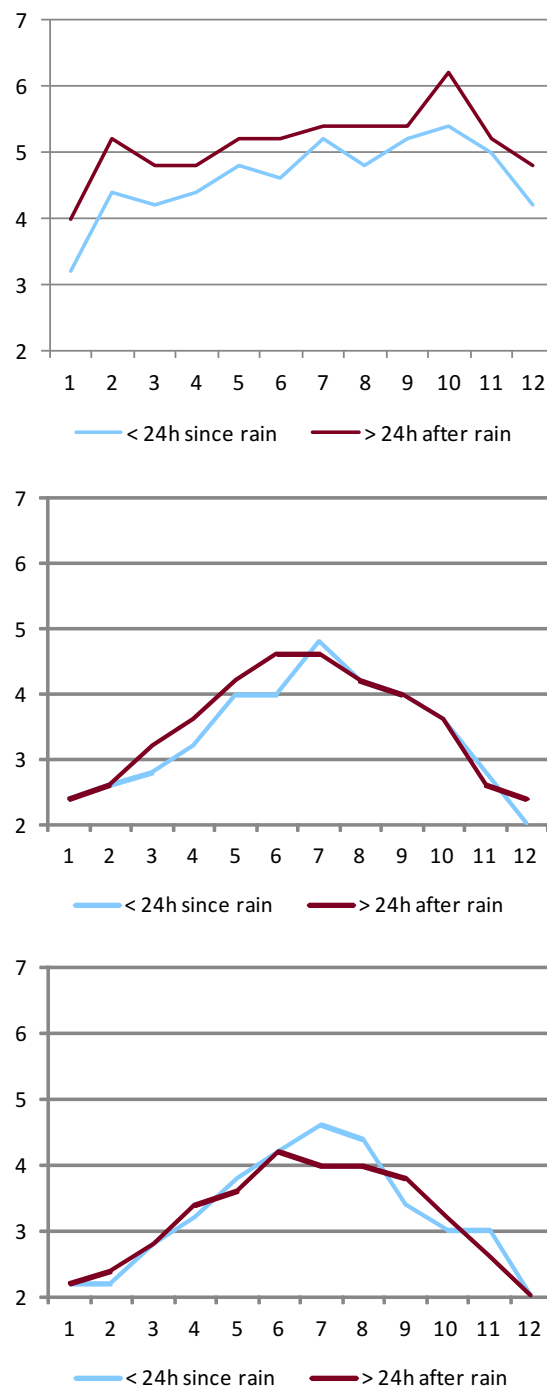


Fig.2 – Optimal average monthly Linke values estimated for Bologna (upper), Cesena (middle) and San Pietro Capofiume (lower), considering different temporal proximity to rain events.

Fig.2 – Valori ottimali medi mensili di Linke stimati per Bologna (in alto), Cesena (al centro), e San Pietro Capofiume (in basso), considerando la vicinanza temporale rispetto agli eventi piovosi.

## Results and Discussions



Figure 2 shows the optimal average monthly values of Linke turbidity factor estimated for the stations of Bologna, Cesena, and San Pietro Capofiume (SPC). Bologna is the major city of Emilia-Romagna, Cesena is a smaller city located in the eastern part of the region, and San Pietro Capofiume is a rural station (Fig.1).

Bologna exhibits significantly higher values, with an overall average value of 5.7 (4.6) with irradiance selected far from (near to) rain events, with respect to Cesena (average 3.4 (3.5)) and SPC (average 3.2 (3.2)). Cesena and SPC show a strong seasonal dependence of turbidity, with the highest values in summer, and the lowest in winter. For Bologna, the intra-annual variability is still evident, but less pronounced. While for Cesena and SPC the monthly average Linke seems not affected by temporal proximity to rain, for Bologna turbidity is systematically higher for data temporally located more than 24 h after rain events. This could indicate that for the metropolitan area of Bologna, precipitations tend to wash anthropogenic aerosol particles out of the troposphere, decreasing turbidity for the first hours after rain. Afterwards, as high pressure conditions promote pollution, turbidity increases again.

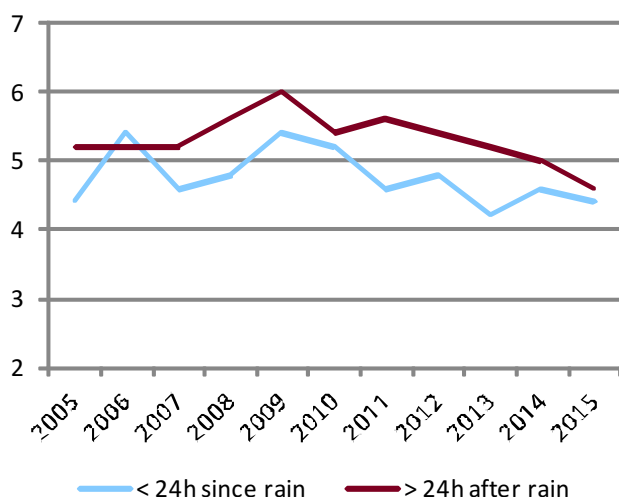


Fig.3 – Optimal average annual Linke values estimated for Bologna, considering different temporal proximity to rain events.

Fig.3 – Valori ottimali medi annuali di Linke stimati per Bologna, considerando la vicinanza temporale rispetto agli eventi piovosi.

Figure 3 shows the temporal trend of the annual average values of Linke, estimated for Bologna, using the same selection criteria with respect to rain. Turbidity seems to slightly decrease in the last decade in Bologna, but its significance is low (<0.9).

## Conclusions

The estimated values of Linke for the three selected stations confirm that in Emilia-Romagna turbidity has a high variability both in space and in time, which should be accounted for in modelling solar radiation. Using a fixed

value of Linke factor, as it is currently the case in ARPAE software (constant value of 4), could produce substantial errors in estimating beam and diffuse components, as well as global radiation. Unpublished studies conducted on radiometers not pertaining to ARPAE network, reveal an underestimation up to 10% when integrating irradiances over a whole year.

Specific methods are to be devised for gridding the monthly turbidity Linke factors over the regional territory, starting from values estimated for stations. Geographical predictors (land use, elevation) could be included in the algorithm, provided that a strong dependence with turbidity is statistically found.

## Bibliografia

- Antolini G., Tomei F., 2006. Praga - Programma di Analisi e Gestione dati Agrometeorologici. Atti del convegno AIAM "Agrometeorologia e gestione delle colture agrarie", Torino 6-8 giugno 2006, pp 79-82.
- Dogniaux R., Lemoine M., 1983. In: W. Palz (Ed.), Solar Energy R&D in the European Community, Series F, Vol. 2, Solar Radiation Data. D. Reidel Publ., Dordrecht, pp. 94-107.
- Eltbaakh Y.A., Ruslan M.H., Alghoul M.A., Othman M.Y., Sopian K., 2012. Issues concerning atmospheric turbidity indices. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16(8): 6285–6294.
- ESRA, 2000. European Solar Radiation Atlas. Edited by J. Greif, K. Scharmer. Scientific advisors: R. Dogniaux, J. K. Page. Authors : L. Wald, M. Albuissou, G. Czeplak, B. Bourges, R. Aguiar, H. Lund, A. Joukoff, U. Terzenbach, H. G. Beyer, E. P. Borisenko. Published for the Commission of the European Communities by Presses de l'Ecole, Ecole des Mines de Paris, France. <http://www.helioclim.net/esra/>.
- Gueymard C., 1994. Analysis of monthly average atmospheric precipitable water and turbidity in Canada and Northern United States. Solar Energy, 53 (1), 57-71.
- Linke F., 1922. Transmission koeffizient und trübungsfaktor. Beitrage zur Physik der Freien Atmosphere, 10: 91–103.
- Page J.K., 1986. Prediction of solar radiation on inclined surfaces. Solar Energy R&D in the European Community, Series F, Vol. 3, Solar Radiation Data, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- Remund J., Wald L., Lefevre M., Ranchin T., Page J., 2003. Worldwide Linke turbidity information. ISES Solar World Congress, Goteborg, Sweden, International Solar Energy Society (ISES).
- World Meteorological Organization (WMO), 1981. Technical Note No. 172, WMO No.557, Geneva, Switzerland, pp. 121-123.

# ANALISI PRELIMINARE DELLE RELAZIONI DI LUNGO PERIODO TRA PRECIPITAZIONI E PIEZOMETRIE NELLA FASCIA PERI-ADRIATICA ABRUZZESE

## PRELIMINARY ANALYSIS REGARDING LONG PERIOD RAINFALL- PIEZOMETRIC LEVELS RELATIONSHIPS IN ABRUZZO REGION PERI-ADRIATIC AREA

Alessandro Chiaudani<sup>1\*</sup>, Diego Di Curzio<sup>1</sup>, Bruno Di Lena<sup>2</sup>, William Palmucci<sup>1</sup>, Sergio Rusi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria e Geologia "InGeo" Università degli Studi "G. d'Annunzio", Chieti-Pescara

<sup>2</sup>Regione Abruzzo - Direzione Agricoltura- Centro Agrometeorologico Regionale - Scerni (CH)

\*achiaudani@unich.it

### Abstract

The availability of rainfall and piezometry long time series datasets (1986-2009) made available by the Hydrographic Service of Abruzzo Region and belonging to different alluvial coastal aquifers, has given the chance to describe their course and evaluate the piezo-pluviometric correlations. Statistical univariate and bivariate analysis such as autocorrelation, cross correlation and spectral analysis have been applied to deepen the piezo-pluviometric relationships, such as the response of piezometric level in function of the hydrogeological contest. Moreover rainfall and piezometry irregular component analysis investigated the extreme events distribution and their correlation.

### Parole chiave

Acquiferi alluvionali, acquiferi costieri, Serie storiche idrologiche, Trend, Cross-correlazione, Analisi spettrale

### Keywords

Alluvial and coastal aquifers; Hydrological time series; Trend, Cross-correlation, Spectral Analysis

### Introduzione

La disponibilità di serie storiche pluviometriche e piezometriche pluriennali (1986-2009) rispettivamente a passo giornaliero e trigioraliero monitorate dalla rete pluvio-piezometrica afferente all'ex Servizio Idrografico della Regione Abruzzo e appartenenti a diversi bacini idrografici, ha permesso varie elaborazioni statistiche al fine di valutarne la correlazione nei periodi di magra e morbida mentre le analisi statistiche di funzioni univariate e bivariate, quali l'autocorrelazione e la cross-correlazione pluvio-piezometrica sono state eseguite al fine di valutarne il comportamento in funzione del contesto idrogeologico e stimare i tempi di risposta piezometrica all'input pluviometrico. La scomposizione additiva dei dati tal quali ha consentito di estrarre e analizzarne la componente irregolare rappresentativa degli eventi pluvio-piezometrici più estremi caratterizzati da una distribuzione random non affetta dall'effetto del trend e della componente periodica. L'analisi spettrale uni e bivariata è stata effettuata al fine di individuare presenza di periodicità pluriennali ed eventuali covariazioni pluvio-piezometriche cicliche. L'insieme di queste analisi permette di approfondire la conoscenza relativa agli andamenti e rapporti pluvio-piezometrici, e di meglio gestire la risorsa idrica sotterranea anche in funzione dei cambiamenti climatici e della programmazione delle strategie di adattamento.

### Area di Studio

L'area di studio comprende (Fig. 1) la fascia peri-adriatica abruzzese. In particolare, sono state analizzate le serie storiche di 11 pozzi ubicati in corrispondenza di due domini distinti, diversificati per geometrie e caratteristiche dei litotipi presenti, per le proprietà idrogeologiche e per le modalità di circolazione e di ricarica: gli acquiferi alluvionali adriatici e gli acquiferi costieri.

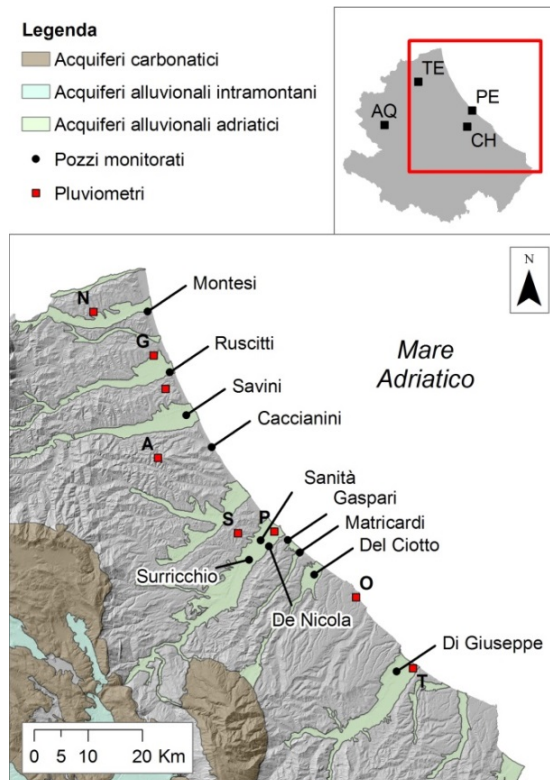


Fig. 1- Distribuzione territoriale degli 11 piezometri e 8 pluviometri

Fig. 1- Territorial distribution of the 11 piezometers and of the 8 rain gauges

I primi sono costituiti da depositi alluvionali terrazzati permeabili ( $K \sim 10^{-2} - 10^{-5}$  m/s) per porosità primaria con spessori che raggiungono i 40 m, al di sopra di un substrato plio-pleistocenico impermeabile ( $K \sim 10^{-8} - 10^{-9}$  m/s). I

litotipi predominanti sono sedimenti ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi, sabbioso-limosi, limosi e argillosi con geometrie lenticolari, legati all'azione erosiva e deposizionale dei principali corsi d'acqua. La circolazione idrica avviene prevalentemente nei livelli più permeabili e sono frequenti rapporti con le acque superficiali. La ricarica è per lo più dovuta al contatto idraulico con i corsi d'acqua superficiali, soprattutto verso valle, mentre il contributo delle precipitazioni locali è in genere variabile su tutto il bacino idrogeologico (Desiderio et al, 2007). Per quanto riguarda gli acquiferi costieri, si tratta corpi sedimentari prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi di spiaggia con spessori che raggiungono i 15 m, al di sopra di un substrato impermeabile, costituito da argille plio-pleistoceniche. La permeabilità ( $K \sim 10^{-4} - 10^{-5}$  m/s), anche in questo caso, è per porosità primaria. Il deflusso idrico sotterraneo si verifica solo nei depositi di spiaggia ed è molto condizionato dalla presenza del livello di base marino. In questo caso, la ricarica diretta dalle precipitazioni locali assume un ruolo predominante (Desiderio & Rusi, 2003).

### Materiali e metodi

Lo studio è stato effettuato utilizzando i dati piezometrici relativi a 11 pozzi distribuiti lungo la fascia periadriatica della regione Abruzzo (Fig.1) relativamente al periodo 1988-2001 (Tab.1). A ciascun piezometro è stato associato un pluviometro di riferimento in base alla distribuzione sul territorio Abruzzese delle precipitazioni nel periodo 1951-2009 (Di Lena et al. 2009).

Tab. 1- Gli 11 Piezometri e 8 pluviometri di riferimento

Tab. 1- The 11 Piezometers and 8 reference rain gauges

Piezometri	Bacino di Appartenenza	Pluviometro di riferimento
Gaspari	Acquif. costiero	Pescara (P)
Matricardi	Alento	
De Nicola	Pescara	Spoltore (S)
Surricchio	Pescara	
Sanita'	Pescara	
Caccianini	Acquif. costiero	Atri (A)
Montesi	Acquif. costiero	Nereto (N)
Del ciotto	Foro	Ortona (O)
Di giuseppe	Sangro	Torino di Sangro (T)
Ruscitti	Tordino	Giulianova (G)
Savini	Vomano	Roseto (R)

L'analisi statistica autocorrelativa ha permesso di valutare la dipendenza lineare dei dati successivi di una serie storica e l'interdipendenza esistente tra di essi ovvero "l'effetto memoria" o persistenza dei dati (Mangin, 1984). Curve di autocorrelazione con forte pendenza descrivono una maggiore velocità di decorrelazione dei dati come nel caso delle pluviometrie che essendo eventi random di durata raramente superiore ai tre giorni si decorrelano immediatamente; mentre nel caso delle piezometrie la minore inclinazione ne indica la natura persistente con

oscillazioni relative al ciclo di scarica e ricarica più o meno limitate nel tempo (Panagopoulos e Lambrakis, 2006). La funzione di cross-correlazione, analisi bivariata effettuata tra i dati di output della piezometria e l'input pluviometrico descrive il segno e l'entità della relazione esistente tra i due ed evidenzia il "tempo di risposta" (lag) necessario al livello del pozzo per fluttuare in risposta alla precipitazione fornendo informazioni sulla capacità modulatrice del sistema (Polemio, 1994), funzione delle caratteristiche del suolo e della soggiacenza della falda. L'applicazione di questa ultima funzione alla componente irregolare ottenuta previa scomposizione Census1, ha permesso di indagare la risposta piezometrica all'impulso pluviometrico estremo in termini di correlazione e lag di risposta individuando il trasferimento di pressione operato dal sistema suolo (Delbart et al., 2013). L'analisi spettrale univariata valutata con la Fast Fourier Transformation (FFT) ha individuato le periodicità presenti nelle sole serie storiche piezo-pluviometriche, mentre l'analisi bivariata, previo il calcolo della cross-ampiezza, ha messo in evidenza i "cicli temporali comuni" alle diverse variabili; tale covariazione di breve o lungo periodo fornisce informazioni sulla natura meteorologica o climatica del legame esistente tra le variabili in oggetto e di come l'acquifero di riferimento modula e filtra tale segnale (Vu Thanh Tam et al., 2004, Chiaudani et al. 2015).

### Risultati

**La statistica descrittiva** riguardante i pozzi evidenzia l'eterogeneità del livello piezometrico medio del periodo, della sua oscillazione e della soggiacenza, ovvero lo spessore di insaturo che l'acqua deve attraversare per raggiungere il pelo libero (Tab.2).

Tab. 2- Statistica descrittiva dei dati piezometrici

Tab. 2- Piezometry data descriptive statistics

Piezometri	Piezometria media (m.s.l.m)	Dev. St. (m)	Soggiacenza media (m)
Montesi	2,18	0,4	0,92
Gaspari	1,44	0,5	1,35
De Nicola	10,47	0,21	2,02
Caccianini	0,8	0,33	2,69
Matricardi	6,47	0,39	3,73
Sanita'	5,49	0,43	3,89
Ruscitti	4,95	0,62	4,68
Del Ciotto	12,06	1,1	6
Surricchio	12,1	1,42	6,7
Di Giuseppe	31,32	0,95	7,12
Savini	10,02	0,05	7,48

La statistica descrittiva riguardante i pluviometri evidenzia la piovosità media trigiornerale e la deviazione standard molto simili (Tab.3).

Tab. 3- Statistica descrittiva dati pluviometrici  
Tab. 3- Rainfall data descriptive statistics

Pluviometro di riferimento	Pluviometria media trigiornera (mm)	Dev.st (mm)
Atri	6	14
Ortona	6	13
Roseto	6	12
Pescara	5	11
Spoltore	5	12
Nereto	5	12
Torino di Sangro	5	11
Giulianova	5	11

Le correlazioni pluvio-piezometriche significative (indicate in rosso in Tab.4;  $p < 5\%$ ) presentano sempre un segno positivo, inoltre il maggior numero di queste si individua nel periodo umido dell'anno.

Tab. 4- Correlazioni pluvio-piezometriche  
Tab. 4- Rainfall-Piezometric correlation

Piezometro- Pluviometro	magra	morbida
Gaspari-Pescara	0,22	0,7
Matricardi-Pescara	0,03	0,66
De Nicola-Spoltore	0,2	0,32
Surricchio-Spoltore	0,38	0,48
Sanità-Spoltore	0,01	0,24
Caccianini-Atri	0,45	0,57
Montesi-Nereto	0,01	0,33
Del Ciotto-Ortona	0,24	0,5
Di Giuseppe-Torino Di Sangro	-0,05	0,69
Ruscitti-Giulianova	0,29	0,86
Savini-Roseto	0,27	-0,09

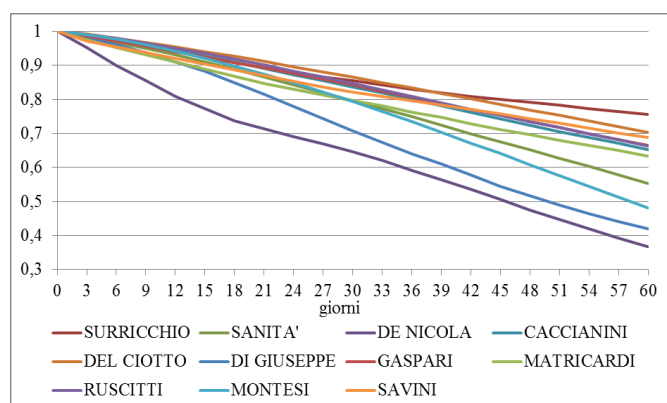


Fig. 2- Funzione di Autocorrelazione  
Fig. 2- Autocorrelation function curve

L'analisi delle autocorrelazioni evidenzia per tutti i pozzi la scarsa pendenza delle curve, l'esistenza di una forte reciproca dipendenza e di una decorrelazione lineare dei dati trigiorneri; solo De Nicola e in misura minore Di

Giuseppe presentano una decorrelazione leggermente più rapida (Fig. 2).

L'analisi delle cross-correlazioni mette in evidenza valori simili di CC massimi significativi omogenei e compresi tra 0,16 e 0,18; solo Sanità, Savini e Montesi presentano i valori minori compresi tra 0,08 e 0,1. Mentre i lag di risposta sono molto eterogenei e variano da pochi giorni fino a 3 mesi (Fig. 3, Tab.2). Le cross-correlazioni significative al 95% sono quelle superiori all'errore standard  $2/\sqrt{N} = 0.037$ , dove N è pari ai 2880 valori trigiorneri nei 24 anni considerati (Diggle, 1990. Lee et al., 2006)

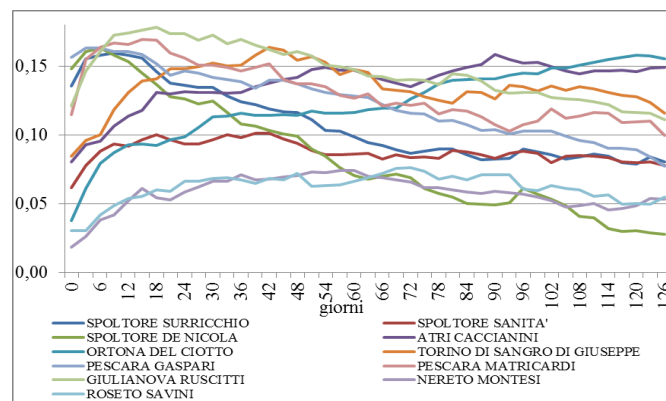


Fig. 3- Funzione di Crosscorrelazione  
Fig. 3- Cross-correlation curve

Tab. 5- Valore di cross correlazione massima e lag  
Tab. 5- Cross-correlation and lag

Piezometri	Lag (giorni)	Cross correlazione max
Gaspari	6	0,16
De Nicola	6	0,16
Surricchio	9	0,16
Matricardi	15	0,17
Ruscitti	18	0,18
Sanità	39	0,10
Di Giuseppe	42	0,16
Montesi	60	0,07
Savini	72	0,08
Caccianini	90	0,16
Del Ciotto	120	0,16

L'analisi della componente irregolare pluviometrica ha messo in evidenza come i mesi compresi tra settembre-novembre e febbraio-aprile, afferenti ai periodi più piovosi e il mese di giugno soggetto ai temporali convettivi estivi sono i periodi dell'anno maggiormente interessati agli eventi pluviometrici intensi (Fig. 4).

Anche la componente residuale piezometrica presenta la distribuzione annua degli eventi più intensi simile a quella pluviometrica ma più concentrati e maggiori in ampiezza nei mesi di compresi tra febbraio e aprile (Fig. 5).



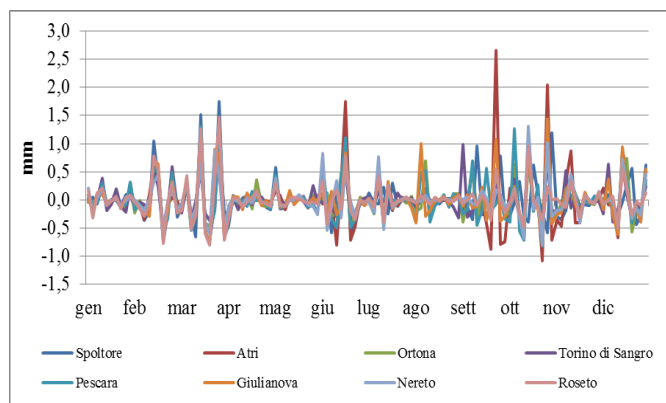


Fig. 4- Anno tipo componente pluviometrica irregolare

Fig. 4- Rainfall irregular component type year

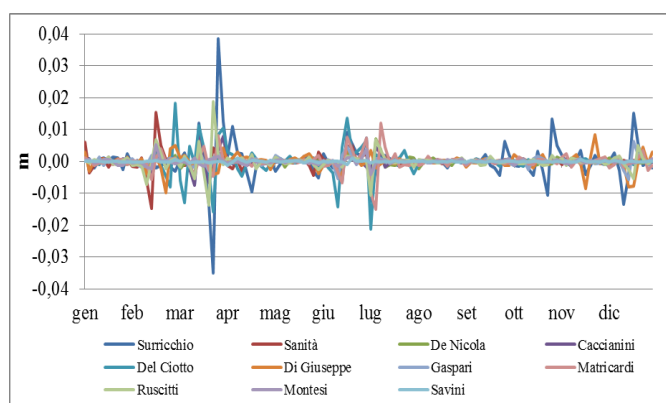


Fig. 5- Anno tipo componente piezometrica irregolare

Fig. 5- Piezometric irregular component type year

La cross-correlazione delle componenti irregolari pluviopiezometriche mette in evidenza che i pozzi presentano il massimo valore di cc significativa al  $lag=0$  ad indicare una fluttuazione immediata del pozzo a eventi pluviometrici estremi e una inversione della correlazione al terzo e sesto giorno ad individuare un aumento di livello piezometrico anche dopo la diminuzione o interruzione delle precipitazioni. Solo Montesi e Savini presentano valori massimi raggiunti rispettivamente 15 e 140 giorni dopo (Fig. 6, Tab.6).

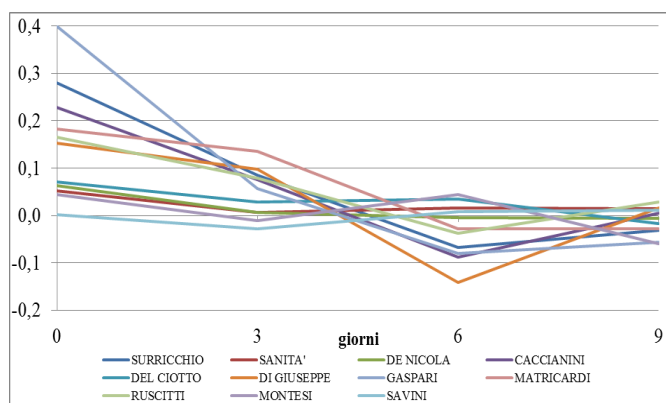


Fig. 6- Crosscorrelazione componente irregolare

Fig. 6- Irregular component cross-correlation curve

Tab. 6- Valore di cross correlazione massima e lag

Tab. 6- Cross-correlation and lag

Piezometri	Lag (giorni)	Cross correlazione max
Gaspari	0	0,40
Surricchio	0	0,28
Caccianini	0	0,23
Matricardi	0	0,18
Ruscitti	0	0,16
Di Giuseppe	0	0,15
Del Ciotto	0	0,07
De Nicola	0	0,06
Sanità'	0	0,05
Montesi	15	0,09
Savini	144	0,07

L'analisi spettrale univariata pluviometrica mette in evidenza la presenza del ciclo annuale e stagionale semestrale. Meno evidenti sono le periodicità di 6 e 2,5 e 1,5 anni (Fig. 7).

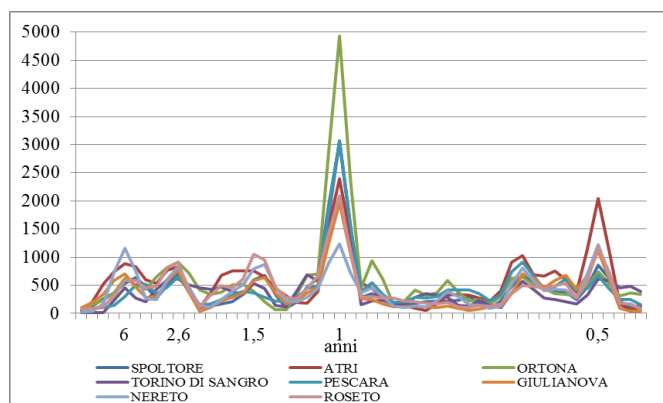


Fig. 7- Densità spettrale pluviometrica

Fig. 7- Rainfall spectral density

L'analisi spettrale univariata piezometrica evidenzia il ciclo annuale e periodicità di 12, 6 e 2,6 anni graficamente più evidenti per Del Ciotto e Surricchio caratterizzati da maggiore oscillazione piezometrica (Fig. 8).

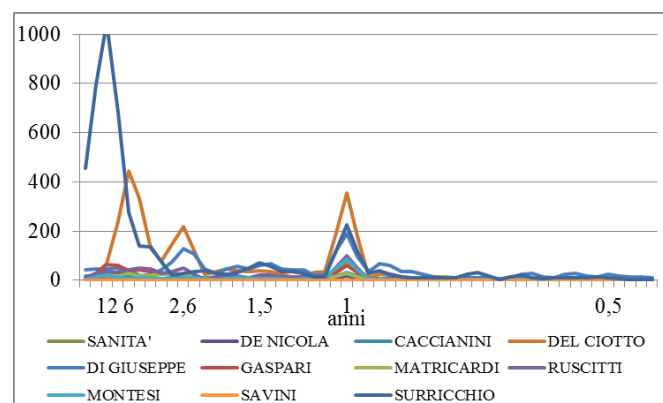


Fig. 8- Densità spettrale piezometrica

Fig. 8- Piezometric spectral density

**Lo spettro bivariato rappresentato dalla funzione di cross-ampiezza** individua le periodicità covarianti soprattutto in quella annuale, a 12, 6, e 2,6 anni (Fig. 9).

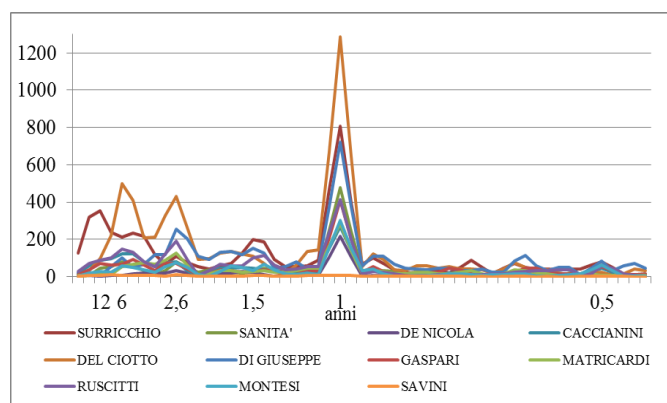


Fig. 9- Cross ampiezza pluviopiezometrica

Fig. 9- Rainfall-piezometric cross-amplitude

## Conclusioni

I rapporti pluviopiezometrici degli 11 pozzi sono influenzati soprattutto dalle caratteristiche di questi ultimi in quanto i pluviometri fanno riferimento alla fascia periadriatica caratterizzata da pluviometrie simili nei quantitativi e nella variabilità.

I livelli piezometrici presentano in tutti i casi un andamento lineare della funzione di autocorrelazione, che è tipica di fluttuazioni regolari e non random. Le differenze che si notano nella rapidità di decorrelazione vanno ricercate nelle condizioni locali che influenzano il comportamento del livello dei pozzi.

Le cross-correlazioni pluviopiezometriche dei dati tal quali sono simili in quasi tutti i pozzi. Tuttavia, il lag di risposta corrispondente è molto variabile ed è condizionato dalle caratteristiche idrogeologiche locali, come la soggiacenza, la permeabilità dei depositi attraversati ed, eventualmente, i rapporti locali con le acque superficiali. Questi fattori, infatti, influenzano in maniera sensibile la ricarica dovuta alle precipitazioni locali. Tendenzialmente, a tempi di ritardo minori della risposta del livello piezometrico alle precipitazioni locali, corrispondono o valori di soggiacenza minori o permeabilità verticali elevate. Un ruolo predominante viene assunto, inoltre, dall'acquifero di riferimento, sia esso alluvionale o costiero. Maggiore è il contributo della falda idrica, minore sarà l'effetto della ricarica pluviometrica locale sulla risposta del pozzo.

L'analisi cross-correlativa della componente irregolare mette in evidenza un comportamento comune nella generalità dei pozzi con una risposta oscillatoria all'impulso pluviometrico intenso immediata e nei primi tre giorni; l'inerzia del carico idraulico fa sì che quest'ultimo continui ad aumentare o rimanga stazionario nei 3-6 giorni successivi alla diminuzione o conclusione dell'evento pluviometrico intenso.

L'analisi spettrale individua, oltre alle ciclicità annuali e stagionali, alcuni cicli pluriennali di possibile derivazione meteo-climatica. Questo fenomeno è già stato evidenziato negli acquiferi alluvionali, dove è presente il contatto

idraulico con i corsi d'acqua superficiali (Luque-Espinar et al., 2008).

L'approfondimento della analisi sito-specifica è necessaria per meglio individuare le componenti idrogeologiche ed i diversi fattori in grado di diversificare il comportamento a livello di singolo acquifero oltre che l'eventuale effetto stabilizzante esercitato dal livello di base del mare sui carichi idraulici.

## Bibliografia

- Chiaudani A., Palmucci W., Di Curzio D., Rusi S., 2015. *Relazioni tra portata della sorgente verde, precipitazioni e Nao index in Abruzzo nel periodo 1987-2005*, in Atti del XVIII° Convegno nazionale di Agrometeorologia "Agrometeorologia per nutrire il pianeta: acqua, aria, suolo, piante e animali", Fondazione Edmund Mach.
- Delbart C., Valdes D., Barbecot F., Tognelli A., Richon P., Couchoux L., 2013. *Temporal variability of karst aquifer response time established by the sliding-windows cross-correlation method*. J. Hydrol. 511, 580-588. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.02.008
- Desiderio G. & Rusi S., 2003. Il fenomeno dell'intrusione marina nei subalvei della costa abruzzese. Quaderni di geologia applicata 1, 17-31.
- Desiderio G., Ferracuti L., Rusi S., 2007. Structural-stratigraphic setting of middle adriatic alluvial plains and its control on quantitative and qualitative groundwater circulation. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LXXVI, 147-162.
- Di Lena B., Antenucci F., Rampa C., Giuliani D., 2011. *Analisi spazio temporale delle precipitazioni nella regione Abruzzo*, [www.arssa.abruzzo.gov.it/pubblicazioni](http://www.arssa.abruzzo.gov.it/pubblicazioni)
- Diggle, P.D., 1990. *Time series: A Biostatistical Introduction*. Oxford Statistical Science Series. Oxford Science Publications, 5.
- Luque-Espinar, J.A., Chica-Olma, M., Pardo-Igúzquiza, E., Garcia-Soldado, M.J. 2008. *Influence of climatological cycles on hydraulic heads across a Spanish aquifer*. J. Hydrol. 354, 35-52. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2008.02.014.
- Mangin A., 1984. *Pour une meilleure connaissance des systemes hydrologiques à partir des analyses corrélatoire et spectrale*. J. Hydrol. 67, 25-43. DOI: 10.1016/0022-1694(84)90230-0
- Panagopoulos G., Lambrakis N., 2006. *The contribution of time series analysis to the study of the hydrodynamic characteristics of the karst systems: Application on two typical karst aquifers of Greece (Trifilia, Almyros Crete)*. J. Hydrol. 329, 368-376. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2006.02.023
- Polemio M., 1994. *Il regime della falda costiera ionica di Metaponto*, in Proceedings III Convegno dei Ricercatori di Ingegneria Geotecnica "Il ruolo dei fluidi nei problemi di Ingegneria geotecnica", Mondovì, Volume 1, p. 135-149.
- Thanh Tam, V., De Smedt, F., Batelaan, O., Dassargues, A., 2004. *Characterization of a cavern conduit system in Vietnam by time series correlation, cross-spectrum and wavelet analyses*. Hydrol. Sci. J.-J. Sci. Hydrol. 49, 879-900. DOI: 10.1623/hysj.49.5.879.55140.



**STRATEGIE DI GESTIONE DELLA CHIOMA ATTE A MIGLIORARE  
LA QUALITÀ DELLA CV GRECHETTO GENTILE (*VITIS VINIFERA*  
L.) COLTIVATA CON IL METODO BIODINAMICO IN RELAZIONE  
AL CAMBIAMENTO CLIMATICO**  
*CANOPY MANAGEMENT STRATEGIES FOR ENHANCING BERRY QUALITY  
IN BIODINAMICALLY-CULTIVATED CV. GRECHETTO GENTILE  
(*VITIS VINIFERA* L.) IN A CHANGING CLIMATE*

Jacopo Davanteri, Paola Tessarin, Chiara Pezzi, Francesco Melcarne, Mahnaz Mohammadi, Francesca Margiotta  
e Adamo Domenico Rombolà\*

Department of Agricultural Sciences, School of Agriculture and Veterinary Medicine, Alma Mater Studiorum, University of Bologna, Viale  
G. Fanin 44, 40127 Bologna Italy.

\*adamo.rombola@unibo.it [Tel:+39 051 2096461](tel:+390512096461), Fax+39 051 2096401.

**Abstract**

The effects of trimming and removal of laterals on berry composition were assessed in a biodinamically-managed mature vineyard of cv. Grechetto gentile, located in the Colli Bolognesi Area (Montevoglio, BO). In this viticultural district, rapid losses of berry juice titratable acidity during ripening were previously observed. Such decreases, related to climate change (hot seasons), resulted into earlier harvests with adverse consequences on the wine. The experiment was conducted in the year 2014, characterized by summer temperatures above the seasonal norm and high rainfall that promoted high accumulation of malic acid in the berry. Trimming, a practice not recommended in biodynamic viticulture, imposed after bunch closure, did not change berry weight and technological parameters. Maintaining laterals did not modify berry technological parameters and the concentration of organic acids at harvest. However, it increased the incidence of *Botrytis* bunch rot.

**Parole chiave**

ACIDI ORGANICI, CIMATURA, SFEMMINELLATURA

**Keywords**

LATERALS REMOVAL, ORGANIC ACIDS, TRIMMING

**Introduzione**

I vigneti sono legati al cambiamento climatico con un doppio filo, sia perché ne subiscono gli effetti, sia per l'impatto che possono generare sul ciclo del carbonio. Sempre più frequentemente, si riscontrano marcate differenze nelle fasi di sviluppo della vite e nella maturazione delle bacche, le quali si riflettono sulla qualità del prodotto finale. Il nuovo quadro climatico impone ai viticoltori l'adozione di approcci agronomici flessibili.

In vigneti gestiti con il metodo biologico e biodinamico, nei quali la difesa è limitata a pochi principi attivi, un'attenta gestione della chioma aiuta a prevenire attacchi fungini e a migliorare le caratteristiche qualitative delle uve, soprattutto in un contesto di cambiamento climatico. Tuttavia, gli studi concernenti le implicazioni di tecniche di gestione della chioma sulla composizione delle uve e dei vini, in viticoltura biodinamica, sono ancora scarsi

(Rombolà *et al.*, 2014; Rombolà *et al.*, 2015; Parpinello *et al.*, 2015; Botelho *et al.*, 2016). Lo stesso standard di produzione Demeter, associazione privata di produttori, trasformatori e distributori di prodotti agricoli e alimentari biodinamici, con sedi in tutto il mondo, non riporta informazioni sulle modalità di gestione della chioma. Nella maggior parte dei vigneti biodinamici, la cimatura non viene adottata. Non potendo ricorrere a tale intervento, i viticoltori si trovano nella necessità di dover posizionare i lunghi germogli, che ostacolerebbero il passaggio delle macchine operatrici, rendendo difficoltosi gli interventi di difesa. Una soluzione a questo problema è rappresentata dall'accapannatura, tecnica che consiste nell'affasciare sull'ultimo filo di contenimento le porzioni distali dei germogli che superano in lunghezza la dimensione della parete vegetativa.

Un intervento in verde cui ricorrono sovente i viticoltori biodinamici è la sfemminellatura, che viene effettuata con lo scopo di arieggiare i grappoli e migliorarne l'esposizione ad eventuali trattamenti per la difesa.

Nell'areale dei Colli Bolognesi, il vitigno principale è il Grechetto gentile, denominato anche Pignoletto. Nella produzione di vino da Grechetto gentile, in particolare nella versione frizzante, un adeguato tenore acidico delle bacche alla raccolta è un aspetto importante, soprattutto in considerazione del fatto che gli standard biodinamici vietano l'uso di pratiche enologiche correttive.

In alcuni vigneti gestiti col metodo biodinamico sono stati sovente riscontrati, soprattutto in terreni con scarsa disponibilità idrica, sensibili cali di acidità delle uve, che hanno determinato un anticipo della raccolta, con forti ripercussioni sulla qualità del prodotto finale.

Inoltre, in aziende che effettuano l'operazione di sfemminellatura della fascia produttiva, si sono verificate scottature sui grappoli, particolarmente evidenti in annate calde.

La Ricerca ha valutato l'effetto della cimatura dei germogli rispetto all'accapannatura, sui parametri vegetativi e produttivi della vite e sulla composizione della bacca nella cv Grechetto gentile, coltivata con il metodo biodinamico. Sono state, altresì, analizzate le implicazioni prodotte dal mantenimento delle femminelle sugli stessi parametri.

## Materiali e Metodi

La sperimentazione è stata condotta presso l'azienda "Vigneto San Vito Società Agricola", ubicata a Monteveglio (BO). Il vigneto, impiantato nel 2004, ubicato in pendio con esposizione Sud-Est/Nord-Ovest e con filari disposti a rittochino, era costituito da piante della cv Grechetto gentile, innestate su SO4, allevate a cordone speronato, con sesto d'impianto 2,80 m x 0,80 m.

Nel vigneto sono stati confrontati 3 differenti trattamenti:

1. Controllo aziendale (CK): la gestione della chioma è stata eseguita attenendosi alla gestione adottata dall'azienda, che prevedeva l'accapannatura dei germogli (eseguita in data 2 Luglio) con sfemminellatura, eseguita il 19 Giugno, nella fascia produttiva (femminelle inserite sui primi 5 nodi del germoglio), su uno dei due lati della parete vegetativa.
2. Mantenimento delle femminelle (FEM): è stata eseguita l'accapannatura, in data 2 Luglio, senza rimuovere le femminelle;

3. E' stata effettuata una cimatura (CIM) all'altezza dell'ultimo filo, al 10° nodo, il 17 Luglio e la sfemminellatura, il 19 Giugno, nella fascia produttiva (primi 5 nodi del germoglio), su uno dei due lati della parete vegetativa.

I trattamenti sono stati replicati 4 volte in un disegno sperimentale a blocchi randomizzati. Ogni parcella comprendeva 12 piante. A Dicembre è stata effettuata la potatura invernale, lasciando 5-6 speroni per metro di cordone, ognuno dei quali con 3 nodi visibili. Nella prima decade di Maggio è stata realizzata la scacchiatura mantenendo 12 germogli per metro di cordone. La gestione del suolo ha previsto la semina a spaglio, a filari alterni, di un miscuglio commerciale di essenze composto da avena, segale, favino, orzo e vecchia, seguito, in primavera, dall'interramento della biomassa sfalciata.

I preparati biodinamici sono stati applicati, nelle date, con le dosi e le modalità di seguito riportate: preparato 500 (cornoletame), applicazione singola in data 2 Maggio, 100 g/30L di acqua per ettaro, attraverso irrorazione al suolo; preparato 501 (cornosilice), doppia applicazione in data 9 Agosto e 12 Agosto, 5g/30L di acqua per ettaro, mediante irrorazione alla chioma; preparato 500 K, applicazione singola, in data 17 Novembre, 100g/30L di acqua per ettaro, attraverso irrorazione al suolo.

I dati meteorologici sono stati rilevati nella stazione meteorologica interna all'Azienda.

È stata eseguita l'analisi degli elementi minerali delle foglie al termine dell'invaiaura. Sono stati valutati i parametri vegeto-produttivi. Sono stati analizzati peso medio, parametri tecnologici (solidi solubili, acidità titolabile, pH), livello di acidi organici (tartarico e malico) e di azoto prontamente assimilabile della bacca (APA).

Sono stati determinati i parametri qualitativi (compattezza) e lo stato sanitario dei grappoli alla raccolta.

I dati parametrici sono stati analizzati tramite ANOVA (SAS 9.0, SAS INSTITUTE, CARY, NC, USA) e test SNK; i dati non parametrici sono stati elaborati con test Kruskal-Wallis seguito da Dunn's Test.

## Risultati e Discussione

Le temperature invernali (21 Dicembre 2013-20 Marzo 2014) sono risultate elevate, con temperature minime medie di 6,4 °C e massime medie di 8,5 °C. Questo andamento ha prodotto un anticipo della ripresa vegetativa. Il decorso meteorologico durante la stagione vegetativa è risultato anomalo. Le temperature massime non hanno superato i 35 °C, mentre le minime erano, in media, 14 °C. Nel periodo 19 Giugno-17 Luglio è stata registrata una piovosità di

100 mm, con un'umidità relativa media del 70%. Tali condizioni hanno favorito le infezioni peronosporiche, la cui incidenza, nei vigneti aziendali, era normalmente di entità contenuta. Nelle tre settimane antecedenti la raccolta, l'umidità media era pari al 78%; si sono, inoltre, verificate piogge frequenti. Questa condizione ha determinato uno sviluppo consistente di marciume grigio (*Botrytis cinerea*).

I trattamenti non hanno influenzato la produttività per pianta ed il peso medio del grappolo. La produttività media dei ceppi è risultata pari ad 1,1 kg per pianta, corrispondente a 50 quintali per ettaro, valore di gran lunga inferiore al limite massimo imposto dal disciplinare di produzione della Denominazione di Origine Controllata e Garantita del Pignoletto. L'intervento di cimatura non ha influenzato i parametri associati alla maturità tecnologica, solidi solubili, pH, acidità titolabile e peso medio della bacca. Nonostante con tale pratica sia stata asportata oltre la metà dell'area fogliare, il rapporto tra superficie fogliare e produzione si è mantenuto elevato (3,4), sensibilmente superiore ai valori ritenuti critici per l'accumulo dei solidi solubili nella bacca (1 m<sup>2</sup>/kg, Kliewer and Dokoozlian, 2005). Pertanto, considerato il limitato carico produttivo (1,1 kg per pianta), la superficie fogliare rimasta sulle viti sottoposte a cimatura (3,7 m<sup>2</sup>) è risultata sufficiente al raggiungimento di valori di solidi solubili simili a quelli riscontrati delle viti di controllo.

Nell'esperimento condotto non sono state osservate differenze concernenti la morfologia del grappolo (grado di compattezza) che generalmente emergono a seguito di interventi di cimatura tardiva (Rombolà *et al.*, 2011; Rombolà *et al.*, 2014; Rombolà *et al.*, 2015; Bondada *et al.*, 2016).

Dall'analisi dei macroelementi delle foglie si evince un'elevata concentrazione di potassio in ogni trattamento (Penazzi *et al.*, 2012). Il potassio svolge molteplici funzioni come la traslocazione di zuccheri, la neutralizzazione degli acidi organici, la regolazione del potenziale osmotico e l'attivazione di enzimi (Mpelasoka *et al.*, 2003). La nutrizione potassica è favorita dall'irrigazione (Rombolà *et al.*, 2006) e dalle piogge, che sono risultate frequenti nell'annata oggetto di studio. L'alta concentrazione di potassio nelle bacche è associata ad elevati rapporti area fogliare-produzione (Mpelasoka *et al.*, 2003). Alti livelli di questo elemento portano ad una riduzione della concentrazione di acido tartarico nella bacca con conseguente incremento di pH (Mpelasoka *et al.*, 2003).

Alla raccolta, le uve della cv. Grechetto gentile oggetto di studio, presentavano valori di acido tartarico, pari a circa 4.0 g/L, non influenzati dai

trattamenti. La concentrazione di acido malico è risultata simile nei diversi trattamenti, il valore elevato riscontrato alla raccolta (mediamente di poco inferiore a 4 g/L) potrebbe essere associato all'azione indiretta del potassio sulla sua degradazione (Mpelasoka *et al.*, 2003).

I dati relativi all'azoto prontamente assimilabile (APA), che ha sempre presentato valori minori nella tesi CIM, suggeriscono che la rimozione fogliare ha influenzato l'accumulo nella bacca di questo elemento, caratterizzato da elevata mobilità floematica.

Il mantenimento delle femminelle non ha modificato i parametri tecnologici e biochimici della bacca ed, in particolare, non ha incrementato, la concentrazione di acidi organici nelle bacche.

Nell'annata 2014, caratterizzata da un decorso meteorologico eccezionalmente piovoso, la presenza delle femminelle nella fascia dei grappoli ha, invece, peggiorato il microclima comportando un incremento della botrite. La cimatura, pratica generalmente non adottata dai viticoltori biodinamici, pur avendo determinato l'asportazione di oltre la metà dell'area fogliare, oltre a non aver modificato i parametri tecnologici della bacca, ha sensibilmente diminuito l'incidenza della *Botrytis cinerea*, modificando il microclima della fascia produttiva, rendendolo sfavorevole al patogeno.

I risultati confermano l'importanza della gestione della chioma per migliorare le caratteristiche qualitative e lo stato sanitario delle uve alla raccolta.

### Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano l'Azienda "Vigneto San Vito Società Agricola" per avere ospitato la prova ed il Dott. Andrea Graziosi per il prezioso contributo ai rilievi in campo ed alle analisi in laboratorio.

### Conclusioni

I dati sperimentali e le osservazioni di campo hanno evidenziato un marcato squilibrio vegeto-produttivo delle viti che, da oltre 5 anni venivano sottoposte alla pratica dell'accapannatura, operazione laboriosa e costosa, con implicazioni negative sul consumo idrico, la vigoria e la produttività dei ceppi. Nel prosieguo delle ricerche sarà opportuno modulare l'intervento di cimatura in modo tale da promuovere l'emissione di femminelle e l'accumulo di acido tartarico nelle uve, al fine di creare un prodotto funzionale alla spumantizzazione. Il mantenimento delle femminelle nella fascia produttiva, pur incrementando il rischio di attacchi di botrite in annate piovose, è una strategia che, associata ad un intervento di defogliazione

tardiva, potrebbe essere utile per limitare i fenomeni di scottatura.

### Bibliografia

Botelho R.V., Roberti R., Tessarin, P., Garcia-Mina J.M., Rombolà A.D., 2016. Physiological responses of grapevines to biodynamic management. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1-12. doi:10.1017/S1742170515000320.

Bondada B., Covarrubias J.I., Tessarin P., Boliani A.C., Marodin G., Rombolà A.D. 2016. Post-veraison shoot trimming reduces cluster compactness without compromising fruit quality attributes in organically-grown Sangiovese grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 67 (2): 206-211.

Kliewer W.M., Dokoozlian N.K., 2005. Leaf area/crop weight ratio of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56: 170-181.

Mpelasoka B.S., Schachtman D.P., Treeby M.T., Thomas M.R., 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 9: 154-168.

Parpinello G.P., Rombolà A.D., Simoni M., Versari A., 2015. Chemical and sensory characterisation of Sangiovese red wines: Comparison between biodynamic and organic management. *Food Chemistry*, 167:1-8.

Penazzi F., Covarrubias J., Kush C., Muzzi E., Rombolà A.D., 2012. Elaborazione di indici per la diagnostica fogliare su vite (*Vitis vinifera* L.) cv Sangiovese nella zona DOC Colli di Faenza. *Italus Hortus* 3: 640-644.

Rombolà A.D., Covarrubias J.I., Boliani A.C., Marodin G.A., Ingrosso E., Intrieri C., 2011. Post-veraison trimming practices for slowing down berry sugar accumulation and tuning technological and phenolic maturity. In: *Le progrès agricole et viticole. Hors série-special Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Meeting of Viticulture GiESCO, Asti-Alba (Italy), August 29<sup>th</sup> - September 2<sup>nd</sup> 2011*, 567-569.

Rombolà A.D., Quartieri M., Donati G., Gritcan S., Valli S., Pelliconi F., Scudellari D., Fontana M., Marangoni B., Tagliavini M., 2006. Incremento della disponibilità di potassio nel vigneto mediante irrigazione e fertirrigazione. *Culture Protette* 1.

Rombolà A.D., Botelho R.V., Tessarin P., Bombai G., Knuttzen E., 2014. Gestione del suolo e della chioma in sistemi viticoli altamente sostenibili. *Acta Italus Hortus*, 13: 183-184.

Rombolà A.D., Tessarin P., Tumbarello G., Parpinello G.P., Versari A., 2015. Evaluation of Soil and Canopy Management Strategies in Highly Sustainable Viticultural Systems. *Proceedings of the 19th International Meeting of Viticulture GiESCO, Pech Rouge-Montpellier (France), May 31st - June 5th, 2015*, 95-98.

# MAPPE FUNZIONALI DI COLTURE IRRIGUE ALL'INIZIO DELLA STAGIONE IRRIGUA – USO DI SEMPLICI SCHEMI DI CLASSIFICAZIONE NELLE ARRE DIMOSTRATIVE DEL PROGETTO MOSES

## *FUNCTIONAL CROP MAPPING AT IRRIGATION SEASON ONSET - SIMPLE CLASSIFICATION SCHEMES APPLICATION IN MOSES<sup>i</sup> DEMONSTRATION AREAS*

Roberto De Bonis<sup>1</sup>, Andrea Spisni<sup>2</sup>, Luca Domenico Sapia<sup>3</sup>, Gabriella Scarpino<sup>4\*</sup>, Vittorio Marletto<sup>5</sup>

<sup>1</sup>SERCO S.p.A., Via Sciadonna 24, 00044, Frascati (Roma)

<sup>2</sup>ARPAE Emilia Romagna, V.le Silvani 6, 40122, Bologna

<sup>3</sup>ARPAE Emilia Romagna, V.le Silvani 6, 40122, Bologna

<sup>4</sup>SERCO S.p.A., Via Sciadonna 24, 00044, Frascati (Roma)

<sup>5</sup>ARPAE Emilia Romagna, V.le Silvani 6, 40122, Bologna

\*[Gabriella.Scarpino@serco.com](mailto:Gabriella.Scarpino@serco.com)

### Abstract

MOSES (Managing crOp water Saving with Enterprise Services) is a DSS platform to support irrigation water management; four service Demonstration Areas (DAs), located in Italy, Spain, Romania and Morocco are considered.

Seasonal and in-season (weekly) crop water demand and irrigation forecast support decisions about irrigation water allocation, procurement and distribution as well as water pricing and crop selection; early estimates of the area occupied by the main irrigated crops are important: they can be derived either from up to date statistics or from remote sensed data.

A crop classification scheme, based on the satellite based NDVI values computed at few given time windows, has been used to map aggregated irrigated crop classes before the start of the irrigation season; a semi-automatic classification procedure, requiring the intervention of an operator only for the best image selection appears to give promising results over an area of Romagna (Italy) (2015 data) fostering further use in MOSES Demonstration Areas.

### Keywords

MOSES, Irrigation, Crop mapping, NDVI

### Parole chiave

MOSES, Irrigazione, Mappe colturali, NDVI

### Introduction

Satellite data application has been supporting the agricultural sector for decades, either operationally or semi-operationally. The Project MOSES - Managing crOp water Saving with Enterprise Services - is aimed at implementing a DSS platform, embodying use of satellite data, to support irrigation water management; also, it addresses pre-commercialization issues of a service through its implementation over four Demonstration Areas located in Italy, Spain, Romania

and Morocco, characterized by different irrigation sceneries.

MOSES lever on past projects - e.g. Sirius (FP7), iColt ("Agroscenari"), TIGER (ESA), etc. - which resulted in operational or semi-operational services; possible integration with existing services is also envisaged (e.g. IRRIFRAME, Italy).

MOSES provides, as main outputs, seasonal and in-season (weekly) crop water demand and irrigation forecast over served areas<sup>ii</sup> - such information can affect decisions about irrigation water allocation, procurement

and distribution as well as water pricing and crop selection where crops are planned depending on irrigation water availability and distribution over the season; water amount estimates rely on preliminary assessment of the areal extension of relevant irrigated crops; this paper focuses on a simple scheme application to map aggregated irrigated crops from a limited number of high resolution (spatial and temporal) satellite images.

## Materials and Methods

MOSES early crop mapping of irrigated crops is a kind of warning service to support irrigation planning in the forthcoming irrigation season; it applies mainly to herbaceous crops as orchards and vineyards show a relatively stable coverage. Herbaceous macro-classes (*functional*) are aggregated with reference to the growing season as spring-summer, winter, and poly-annual crops - the former corresponding to irrigated crops; the proposed classification scheme discriminates classes depending on the presence or absence of vegetation cover at certain time windows (Fig.2) - a decision tree based on a given sequence of vegetation cover status is elicited (Fig.3); such method requires a limited number of satellite images: in the case of the Italian Demonstration Area, three images acquired, respectively, at the beginning of autumn, in winter and at the beginning of spring are sufficient. The acquisition windows are large enough to increase the probability of finding cloud free images, in view to automatize the procedure; also, they are time apart to observe a significant change in crop phenology. The image selection of the best cloud-free image inside the time windows is performed by an operator. The vegetation cover status is assessed by means of the NDVI value above thresholds which are derived from the observed trends; the advantage of using such index is many-folds: it does not require any specific crop spectral signature as only uses RED and NIR bands; also, due to its

definition, the impact of interfering



Fig.1- Selected area for the testing of the methodology

Fig.1- Area selezionata per la sperimentazione della metodologia

CLASS GRID CODE <sup>1</sup>	TYPE	W1	W2	W3
		mid Oct / mid Nov	Feb	Apr
3	<i>alfalfa</i>	veg	senescence	veg
3	<i>meadow</i>	veg	veg	veg
2	<i>annual fodder grass</i>	very scarce veg or no veg	veg	veg
2	<i>winter crops</i>	very scarce veg or no veg	veg	veg
1	<i>summer crops</i>	no veg	no veg	no veg

<sup>1</sup>Fig.2- Crop development stage & time window selection

in the Italian DA (W1-W2-W3)

Fig.2 - Stadio di sviluppo delle colture e scelta delle finestre temporali nella DA italiana (W1-W2-W3)

<sup>1</sup> Aggregated crop class number codes: 1.-2.-3. correspond, respectively, to Summer, Winter and poly-annual crops -such classes are also indicated with the character codes: EEee, EAgc and EPpm (iColt Project)



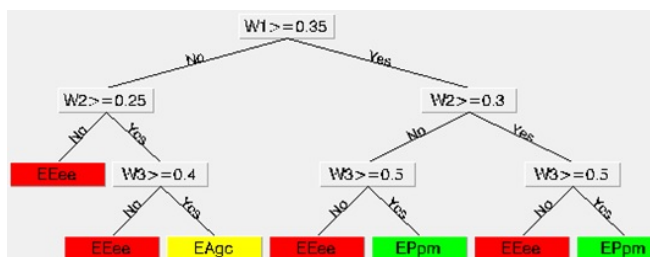


Fig.3- Crop classification decision tree<sup>2</sup> - NDVI thresholds values refer to the Italian DA (2016 data)

Fig.3- Albero decisionale di classificazione di colture irrigue – valori soglia NDVI di riferimento per la DA italiana (dati 2016)

phenomena (e.g. atmospheric effects) is reduced as well as the volume of data; finally it allows the automatization of the classification procedure: use of unsupervised and automatic techniques is mandatory to adequately exploit the huge amount of data acquired by remote sensing satellites, for an efficient and effective analysis of multi-temporal data series. The possibility of mosaicking images from different satellite missions has been foreseen in order to obtain the best cloud-free image combination; use of multi-temporal high spatial resolution (VHR) images, as is the case with Landsat 8, as well as high spatial and temporal resolution images, as is the case with Sentinel 2 satellite constellation, has been considered. Some pre-processing of the satellite data is needed to replace cloudy areas and to derive snow and “no data” masks; the outcome is a composite map for computation of 3 georeferenced NDVI maps to which decision-tree rules are applied; finally post-classification is carried out in order to remove isolated pixels and polygons smaller than a fixed size (1ha); at this stage masks for clouds & snow (if any) are applied as well as masks for filtering out not agricultural areas and likely stable areas (e.g. orchards and vineyards) - the latter in view to increase the classification efficiency.

Below the main steps of the above procedure are outlined:

#### Pre-processing:

- Conversion to Top Of Atmosphere (TOA) reflectance
- Image registration
- Geometric correction

- Cloud detection
- Image mosaicking and cloud replacement
- Data clipping over the Demonstration Area
- Snow & no data mask derivation

#### Classification

- NDVI mapping
- Decision-Tree based classification

#### Post Classification

- Removal of isolated pixel and small polygons
- Cloud/snow/no-data/agricultural/AGREA (orchards, etc.) masks application (as present)

Agronomic schemes, similar to those shown in Fig.2 and Fig.3 for the Italian DA, are being devised in all MOSES Demonstration Areas aimed at detecting NDVI trends of irrigated crops.

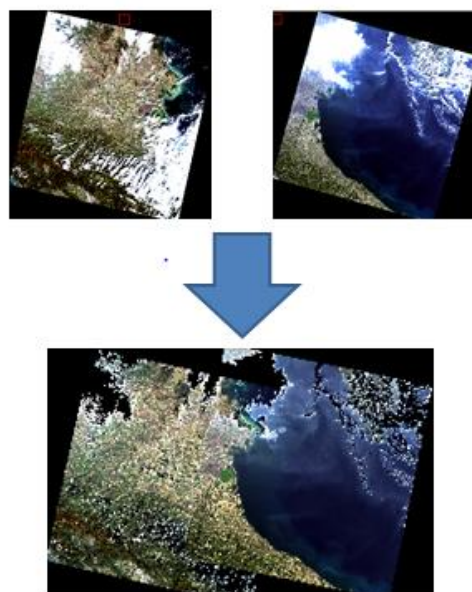
The validation of the method is performed based on ground crop data, crop declarations and statistics available at the end of the season.

#### **Results and Discussion**

Such described approach has been tested with 2015 data by using Landsat 8 images over an area of Romagna (Fig.1), in which the Italian DA is located; the classification map has been verified by computing a confusion matrix [based on ground measurements] with satisfactory results (De Bonis, 2016); also, a consistency check with the iColt map (2015), obtained by using different satellite images (DMC) and a different classification method (SAM), has given satisfactory results (De Bonis, 2016). In the figures below some steps of the classification procedure are shown, namely cloudy areas replacement by mosaicking (Fig.4), NDVI

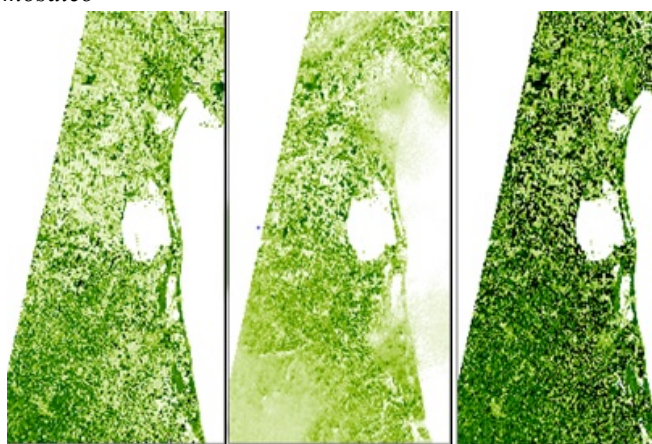
<sup>2</sup> See Note 1

maps (Fig.5) and the crop classification map (Fig.6).



*Fig.4- Replacement of cloudy areas by mosaicking*

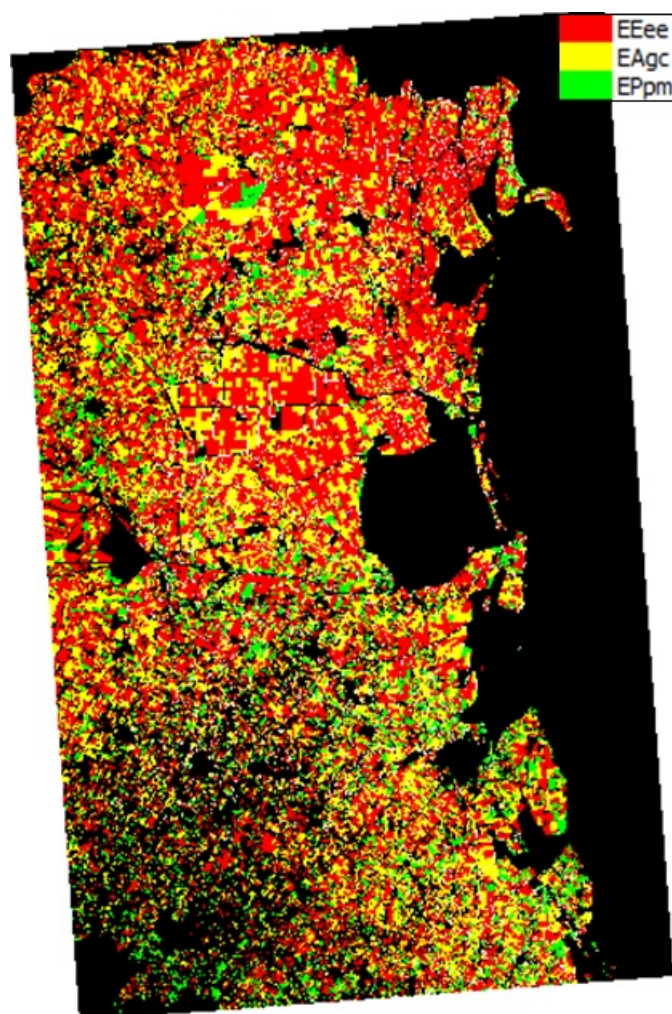
*Fig.4- Sostituzione delle aree nuvolose mediante mosaico*



LC81910292014307LGN00 LC81920292015045LGN00 LC81920292015093LGN00

*Fig.5- NDVI computed over the selected images*

*Fig.5- NDVI calcolati sulle immagini selezionate*



*Fig.6- Aggregated crop classification map*

*Fig.6- Mappa delle colture aggregate*

## Conclusions

A crop classification scheme, based on the values of the Normalized Difference Vegetation Index at three selected time windows, has turned out to be effective to identify aggregated classes of irrigated crops, prior to the start of the irrigation season, over an area of Romagna; the satellite images used for the computation of the NDVI are readily available from high frequency and/or high spatial resolution satellite missions (Sentinel 2, Landsat 8) - the classification process is semi-automatic, requiring the intervention of an operator for the selection of the best cloud-free images in given time windows in the season.

## References

De Bonis R., 2016. SERCO MOSES Project Technical Note MOSES-ENG-TN-001 01/02/2016

iColt2016 - ARPA-SIMC

<http://www.arpa.emr.it/sim/?telerilevamento/colt>

Villani G., Botarelli L., Marletto V., Spisni A., Pavan V., Pratizzoli W., Tomei F., 2013/2014. iColt – Seasonal forecasts of crop irrigation needs at ARPA-SIMC. ECMWF Newsletter, N.138: pp: 30-33.

---

<sup>i</sup> H2020-WATER-2014-two-stage Innovation Action N. 642258

<sup>ii</sup> For the project duration they coincide with the Demonstration Areas.

# EFFETTO DI UNA TEMPESTA DI VENTO IN UN CEDUO A TURNO BREVE DI PIOPPO FERTIRRIGATO

## *EFFECT OF WINDSTORM ON POPLAR SRC WITH DIFFERENT FERTILIZATION AND IRRIGATION MANAGEMENT*

Gianni Facciotto<sup>1\*</sup>, Sara Bergante<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA) – Unità di ricerca per le produzioni legnose fuori foresta (PLF),

strada Frassineto Po 35, 15033, Casale Monferrato (AL)

\*[gianni.facciotto@crea.gov.it](mailto:gianni.facciotto@crea.gov.it)

ov.it

### Abstract

In this work we examined the damages caused by wind on trees of the poplar clone 'Imola' grown in a short rotation coppice trial managed with different irrigation and fertilization practices, following a severe windstorm in July 2013. The trial was established in spring 2009, on sandy soil, in the farm of CREA-PLF at Casale Monferrato (Italy). The plantation was established with a planting density of 1.111 trees per ha and a split-plot design with 3 replications: a 5-year harvest cycle was scheduled. Two levels of irrigation (0 - 1) were assigned to the plot and two levels of nitrogen fertilization (0 - 60 kg ha<sup>-1</sup>) to the sub-plots. After the windstorm each stem was assessed for any wind-damage. Significant difference in damage occurred among the four different management practices. Undamaged trees were 89% in not treated plots, 68% in only fertilized ones, 4% in those only irrigated. In the fertilized and irrigated plots 93% of the trees were bent, 4% were uprooted and the remaining broken.

### Parole chiave

Pioppo, ceduo a turno breve, irrigazione, fertilizzazione, danni da freddo

### Keywords

Poplar, short rotation coppice, fertilization, irrigation, wind damages

### Introduzione

Le tempeste di vento o i forti temporali, talvolta associati a grandine, sono annoverati tra i fattori abiotici che più influenzano la produttività e la qualità del legno delle foreste (Zalasky, 1970; Peterson, 2000) e anche delle coltivazioni di pioppo, in Italia in particolare nella Pianura padana (Coaloe *et al.*, 1994). Venti sostenuti e frequenti possono causare la piegatura dei fusti e di conseguenza la formazione del legno di tensione che, durante la fase di essiccazione, levigatura e finitura di tranciati e segati di pioppo, crea problemi di qualità e stabilità tecnologica (Balatinecz *et al.*, 2014). Anche alcune operazioni colturali sembrano influenzare il verificarsi dei danni da vento nell'arboricoltura da legno: tra queste la preparazione del terreno, la densità d'impianto, il diradamento (Quine *et al.*, 1995; Jactel *et al.*, 2009), la concimazione e la potatura (Mitchel, 2000) le specie (Veblen *et al.*, 2001) od i cloni utilizzati (Ares e Gutierrez, 1996; Harrington e DeBell, 1996).

Recentemente per studiare la suscettibilità ai danni

da vento sono stati fatti esperimenti *ad hoc*, in cui le piante forestali, pioppo compreso, in genere giovani o di piccole dimensioni, sono state testate con velocità del vento fino a 20-30 m s<sup>-1</sup>, in alcuni casi usufruendo anche di tunnel del vento (Vollsinger *et al.*, 2005; Koizumi *et al.*, 2010). Una opportunità per verificare l'effetto del vento su un ceduo a turno breve di pioppo al quinto anno di crescita, quindi prossimo alla raccolta, oggetto di una prova di fertirrigazione è capitata il 29 luglio 2013 a Casale Monferrato (AL) in occasione di una tempesta di vento con pioggia.

### Materiali e Metodi

Il campo sperimentale, di 3780 m<sup>2</sup>, è situato presso l'azienda sperimentale "Mezzi" del CREA-PLF a Casale Monferrato (AL). La prova è iniziata nella primavera 2009; sono state utilizzate pioppelle di un anno di vivaio disposte in quadro con una spaziatura di 3 × 3 m, corrispondente ad una densità di 1111 piante per ettaro. Il ciclo di ceduazione è



quinquennale. Le pioppelle, previa idratazione per una settimana, sono state piantate manualmente in buche profonde 70-80 cm, aperte con una trivella di 25 cm di diametro portata da una trattrice di 80 CV. Il genotipo di pioppo scelto per la prova è il clone *Populus ×canadensis* “Imola”, selezionato per la produzione di biomassa. Il disegno sperimentale è uno *split-plot* con tre replicazioni. Alla parcella, formata da 7 file di 10 piante ciascuna, è stato assegnato il fattore irrigazione con due livelli (V0 e V1) e alla sub-parcella, di 7 file di 5 piante ciascuna, il fattore concimazione azotata (0 e 60 kg di N per ettaro).



*Fig.1 – In primo piano parcella non irrigata, sullo sfondo parcella irrigata con piante piegate.*

*Fig.1- In the foreground is the non-irrigated plot, in the background is the irrigated plot with plants bent.*

Il terreno, a tessitura sabbiosa, è stato arato a 30 cm e affinato appena prima della messa a dimora. Le infestanti sono state controllate con interventi meccanici (discatura o triturazione) tra le file tutti gli anni. Sulla fila è stato utilizzato il dissecante Glifosate sia durante il secondo che il terzo anno, successivamente l'ombreggiamento delle chiome ha

ridotto di molto lo sviluppo delle infestanti e non sono stati necessari ulteriori trattamenti chimici.

Nel corso delle prime tre stagioni vegetative sono stati effettuati trattamenti insetticidi all'occorrenza (Clorpirifos-metile + Cipermetrina) contro insetti defogliatori quali Crisomela e Ifantria, mentre alla fine del periodo di riposo invernale si è intervenuto contro lo xilofago Punteruolo del pioppo, con Deltametrina. L'irrigazione, nelle parcelle V1, è stata effettuata tramite un impianto a goccia, con tre interventi settimanali da giugno a settembre di ogni anno. Le parcelle V0 non hanno mai ricevuto irrigazione. La concimazione azotata è stata effettuata una volta per anno, all'inizio della primavera, distribuendo manualmente un concime azotato a lenta cessione con dosi corrispondenti a 60 unità di azoto per ettaro. Il concime è stato successivamente interrato con un'erpatura fatta su tutto l'impianto. Per ogni anno di crescita sono state misurate sopravvivenza ed accrescimento sia in diametro che in altezza delle piante.

Il campo sperimentale è situato tra due stazioni meteo: una (A) a SW a circa 800 m di distanza e l'altra (B) a NE a circa 920 m. Il giorno 29 luglio 2013, (9 a.m., ora locale) le due stazioni (A e B) hanno rilevato rispettivamente una velocità media del vento di 90 km h<sup>-1</sup> (a 25 m dal suolo) e 70 km h<sup>-1</sup> (a 12 m dal suolo), con picchi di 165 e 180 km h<sup>-1</sup>; con provenienza da SW. Mentre prima e dopo l'evento il vento soffiava da NE. Il vento era associato ad una pioggia risultata nelle due stazioni rispettivamente di 1.2 e 9.4 mm, caduti in 20 minuti. Dopo l'evento calamitoso per ciascuna pianta, presente all'interno delle parcelle (15 per parcella), è stato classificato il danno da vento secondo la seguente scala: A) fusto non danneggiato, B) fusto con leggera inclinazione, C) fusto con inclinazione <45°, D) fusto con inclinazione >45°, E) piante sradicate F) fusto spezzato tra 0 e 2.5 m, G) fusto spezzato tra 2.5 e 5 m. Sono state escluse dal conteggio le piante di bordo in quanto queste potevano essere state danneggiate dalla piegatura o rottura delle piante della parcella vicina.

Le analisi statistiche sono state effettuate con il software R (R Core Team, 2015).

## Risultati e Discussione

In tabella 1 sono riportati i risultati del rilevamento effettuato alcuni giorni dopo l'evento (Fig. 1)



Tab.1 - Numero e percentuale di piante classificate secondo il tipo di danno rilevato.

Tab.1 - Number and percent of plants classified according to the type of damage.

Classe di danno*		Trattamento			
		Controllo	Fert	Irr	Irr
A	n°	39	30	2	
	%	89	68	4	
B	n°	4	11	6	
	%	9	25	13	
C	n°	0	1	24	
	%	0	2	53	
D	n°	0	0	13	
	%	0	0	29	
E	n°	0	0	0	
	%	0	0	0	
G	n°	1	2	0	
	%	2	5	0	
Totale	n°	44	44	45	
	%	100	100	100	

\*non sono state rilevate piante nella categoria F

Nelle parcelle di controllo, non concimate e non irrigate l'89% delle piante non ha subito danni, il 9% una leggera piegatura del fusto ed il 2% è risultato spezzato al di sopra dei 5 m da terra. Nelle parcelle solo concimate le piante senza danni sono scese al 68%, aumenta al 25% il numero di piante con leggere piegature e al 5% quelle spezzate, le rimanenti (2%) subiscono una piegatura elevata ma comunque inferiore al 45°. Le parcelle irrigate, in particolare anche quelle concimate, subiscono i danni maggiori. Solo il 2% delle piante delle parcelle solo irrigate non hanno danni e solo il 13% hanno danni lievi, mentre nelle parcelle irrigate e concimate nessuna pianta viene classificata in queste due categorie e si rileva addirittura un 4% di piante sradicate. All'analisi statistica (Pearson's Chi-squared test with Yates' continuity correction) le differenze relative al trattamento irriguo risultano statisticamente altamente significative ( $p < 0.001$ ), mentre quelle relative all'effetto concimazione non raggiungono la significatività statistica ( $p = 0.177$ ). Probabilmente i danni sono legati anche allo sviluppo delle piante; nelle parcelle non irrigate in media le piante hanno una circonferenza a petto d'uomo di 36.5 cm mentre quelle irrigate sono intorno ai 51 cm. Anche per quanto riguarda l'accrescimento le differenze risultano significative solo per il fattore irrigazione.

## Conclusioni

Questo studio ci porta a concludere che nelle zone

soggette a forti venti, oltre a scegliere specie e cloni di pioppo che hanno mostrato una certa resistenza al vento (Harrington e DeBell, 1996) è opportuno anche limitare alcuni interventi colturali come l'irrigazione, specialmente se associata alla concimazione azotata. L'irrigazione, dati anche i costi elevati per la distribuzione dell'acqua, va effettuata più come intervento di soccorso limitatamente ai periodi più siccitosi per avere la sicurezza di portare a maturità le piantagioni.

## Bibliografia

- Ares A., Gutierrez L., 1996. Selection of poplar clones for the Lower Valley of the Colorado River, Argentina. *Forestry*, 69 (1), 75-82.
- Balatinecz J., Mertens P., De Boever L., Yukun H., Jin J., van Acker J., 2014. Properties, Processing and Utilization in Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment, eds J.G. Isebrands and J. Richardson. CABI and FAO, Rome, Italy, 527-560.
- Coaloe D., Giorcelli A., Scotti A., 1994. La pioppicoltura in Italia. Ponte, Consorzio italiano Assicuratori Grandine. Nuova Serie n. 5, 54-59.
- Harrington C.A., DeBell D.S., 1996. Above- and below-ground characteristics associated with wind toppling in a young *Populus* plantation. *Trees - Structure and Function*, 11(2):109-118.
- Jactel H., Nicoll B.C., 2, Branco M., Gonzalez-Olabarria J.R., Grodzki W., Långström B., Moreira F., Netherer S., Orazio C., Piou D., Santos H., Schelhaas M.J., Tojic K., Vode F., 2009. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. For. Sci.* 66, 701-719.
- Koizumi A., Motoyama J., Sawata K., Sasaki Y., Hirai T., 2010. Evaluation of drag coefficients of poplar-tree crowns by a field test method. *J Wood Sci* 56:189-193.
- Mitchell S., 2000. Forest health: preliminary interpretations for wind damage. Ministry of Forests, Forest Practices Branch, Victoria, B.C. Canada. Stand Density Management Diagrams. 40 pp
- Peterson C.J., 2000. Catastrophic wind damage to North American forests and the potential impact of climate change. *The Science of the Total Environment* 262, 287-311.
- Quine C.P., Coutts M.P., Gardiner B.A., Pyatt D.G., 1995. Forests and wind: Management to minimise damage. *Forestry Commission Bulletin* 114: 1-27.
- R Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>
- Veblen T.T., Kulakowski D., Eisenhart K.S., Baker

W.L., 2001. Subalpine forest damage from a severe windstorm in northern Colorado. *Can. J. For. Res.* 31: 2089–2097.

Vollsinger S., Mitchell S.J., Byrne K.E., Novak M.D., Rudnicki M., 2005. Wind tunnel measurements of crown streamlining and drag relationships for several hardwood species *Canadian Journal of Forest Research*, 35(5) 1238-1249.

Zalasky H., 1970. Disease problems of poplar in the western interior of Canada in *Information Report A-X-39*, Forest Research Laboratory, Edmonton, Alberta, Canada. pp 33.

# THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON WHEAT GROWING DEGREE DAYS (THE CASE STUDY OF ZANJAN)

Pegah Mollaei<sup>1\*</sup>, Sona Sarfi<sup>2</sup>, Ahad Yaqmuri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Msc in Agrometeorology, Zanjan Bureau of meteorology, ZANJAN, IRAN.

<sup>2</sup> Msc in meteorology, Zanjan Bureau of meteorology, ZANJAN, IRAN.

<sup>3</sup> Ba in meteorology, Zanjan Bureau of meteorology, ZANJAN, IRAN.

\*[p.mollaei@yahoo.com](mailto:p.mollaei@yahoo.com)

## Abstract

The effect of climatic factors on agriculture is of particular importance. The temperature and accumulated growing degree – days are the most important factors. So with climate change and variation in temperature, the phenological stages will vary. To evaluate the impact of climate changes on meteorological indices, general circulation model (HadCM3) was applied. This model was conducted in order to predict temperature for the years 2015 to 2030. In the model the scenarios of a2, b1, a1b were used. By implementing this model and picking up different scenarios daily minimum and maximum temperature values were obtained. The results show an increase in temperature in the next 15 years based on forecasts made by all three scenarios. This implies an increase in growing degree days in the coming years. Simulation of temperature changes based on certain patterns and methods of calculating growing degree days regarding changed temperatures, finally simulates the growth cycle for the future. The analysis indicates reduced growing season in all three scenarios.

**Keywords :** climate change, growing degree days, phenology stages, temperature forecast, Zanjan

## Introduction

The Average Temperature and its changes at ground level is one of the climate change indices which is discussed in almost all the climatic theories (Nasiri Mahallati 2014). From the viewpoint of ecology, global warming can cause dramatic changes in biodiversity, environment and human life. One of the indices of agriculture that plays a major role in the development stages of plant growth is degree – days required for plant. In agriculture Cumulative growing degree-day factor is used to predict the development of various products. As a result, with the temperature range for growth in each stage, according to temperature Statistics in the study area, the different stages of plant phenology can be predicted. Many studies have been conducted in this regard, including Ismaili and colleagues investigated changes of growing season and frost period using GCMECHO\_G during 2010-2039 in Khorasan Razavi (Ismaili et al 2010). Eini et al predicted the effects of future climate changes on Irrigated Wheat Yield in fars province. Simulation results show that future climate change under climatic scenarios and models will increase wheat yield in the province (Eini et al 2014). Villa-Lobos et al announced that the potential conditions, temperature and day length are the most important factors that influence plant (Villalobos et al 1996). Beker et al investigated the effects of climate changes on cumulative degree-days, The aim of that study was to evaluate the changes in strawberries blooming and harvest time in northern Europe. As a result, the GDD calculation methods and altered temperatures, strawberries cycle of growth, flowering and harvest time were simulated for the future (Bekere et al 2015).

## Materials and Methods

The study area is Zanjan which is located in northwestern Iran. The data used include minimum and maximum of temperature, rainfall and sunshine hours for a period of 41 years (1973-2014).

To evaluate the impact of climate change on meteorological indices the general circulation model **HadCM3**<sup>1</sup> was used. This model was conducted for temperature forecast for the years 2015 to 2030. In running process the scenarios of a2, b1, a1b were used. By implementing this model and different scenarios, daily minimum and maximum temperature values were obtained. At first the output compared with the real data. With regard to the importance of temperature on growth and yield of crops and according to the study which is examining wheat yield. Initially different growth stages of the product were studied. Although the potential for wheat cultivation exists in large areas of the planet, there are many environmental factors that affect crop yields. One of these factors is temperature which its interaction with humidity influence the growth of wheat. Wheat growth stages to go, need to heat and the heating degree days index is used. In this index, which is used to express wheat thermal requirement,  $T_b$  (Base temperature) is the temperature at which growth or vital activities to be so insignificant that we can indeed say there is no activity. In order to estimate the accumulated heat in each growth stage the following equation is used:

---

<sup>1</sup> - Hadley Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Model

$$GDD^2 = \sum \left( \frac{T_m + T_M}{2} - T_b \right)$$

$T_m$  = the minimum daily temperature in centigrade

$T_M$  = the maximum daily temperature in centigrade

$T_b$  = the basic temperature in centigrade

According to surveys, heating units required wheat crossing (from planting date) of the critical stages of growth are as follows:

- total thermal units from planting to emergence, 180 degree-days
- total thermal units from planting to flowering period, 1500 degrees - days
- total thermal units from planting to grain filling period, 2300 degrees – days

Firstly GDD for the whole crop year regarding observed data and predicted data was obtained and compared. Then, based on achieved planting date for wheat in Zanjan calculation of cumulative temperatures for each growth stage per year was done (using real data). In order to do that a program with excel was written so that with applying planting date GDD will be calculated for each station per year. Thus the days to various phenological stages will be determined. Then the obtained dates were given weight and the numbers were arranged in ascending order in HYFA and after determining the best probability distribution function the appropriate date were determined based on likelihood of 75%. In the next step all these stages were carried out for forecasted data. Thus, the critical stages of growth and development of wheat in next 15 years (2015-2030) were simulated.

## Results and Discussion

The results show that increase of temperature in next 15 years is based upon all three scenarios which implies an increase in growing degree days in coming years. The conclusions reflect a reduction of growing season in all three scenarios. The growing season based on a2 and b1 is shorter than a1b firstly because of autumn higher temperatures in a1b compared to two other scenarios which causes early germination and lower temperatures in winter and spring. The results from all the scenarios represent a future increase in temperature. Facing with these changes requires prediction and designing some strategies to adapting to these conditions. It is necessary that the other Effective Parameters in growth and development of products especially precipitation beside temperature are studied And their effect on growth and development of all products should be determined in the coming years. , because Simultaneous changes especially in temperature and rainfall will affect many of indices of agricultural meteorology and so will affect the growth and development of plants.

## Conclusions

Based on General Circulation Model **HadCM3** and selected scenarios, minimum and maximum temperature for 2015 to 2030 were obtained and To compare these numbers with real data, their average was calculated in desired years which is seen in table1.

*Tab.1- The average of minimum and maximum temperature (real and forecasted data)*

temperature	Real data	Forecast based on a2	Forecast based on b1	Forecast based on a1b
Average of minimum temp	4	5	4.9	4.8
Average of maximum temp	18	18.9	18.9	18.7

Besides minimum and maximum values of temperature in various seasons was obtained to compare the temperature in different seasons could contribute to the analysis of growth and duration of growing season. Observations show that in all the seasons the average of minimum and maximum temperatures in both a2 and b1 scenarios have been increased compared to observed data, but in a1b average of maximum in spring and average of minimum in winter have been decreased and in the rest seasons have been increased. Fr analyzing The climatic effects on indices of dry land wheat growing degree days firstly all the values of GDD in whole crop year were calculated (Table 2) and compared with each other.

*Tab.2 - Amount of growing degree days in whole crop year (average of period )*

	Based on real data	Based on a2 scenario	Based on b1 scenario	Based on a1b scenario
Average of GDD in crop year	4148 degree-days	4365 degree-days	4353 degree-days	4308 degree-days

As indicated in Figure 1 during the last statistical period the growing degree days highly fluctuated especially during 1982 to 1992 on which significantly decreased after that increased again and reached its highest values in recent years.

<sup>2</sup> -Growing Degree Day

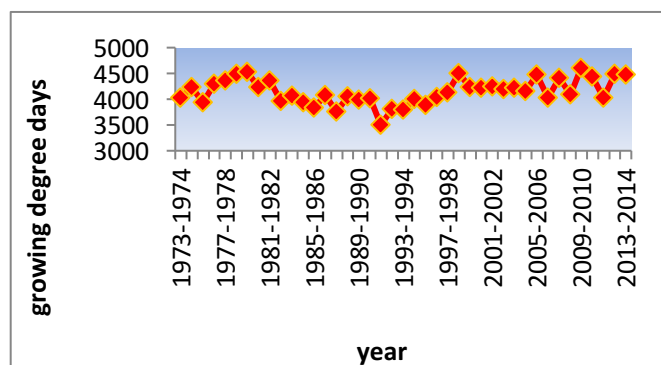


Fig.1-Changes of growing degree days in period of (1973-2014)

in figure2 the changes of growing degree days in whole the crop year based on forecasted temperatures compared with each other .as seen growing degree days from a2 were more than two other scenarios and the values from b1 were more than a1b during all the years.

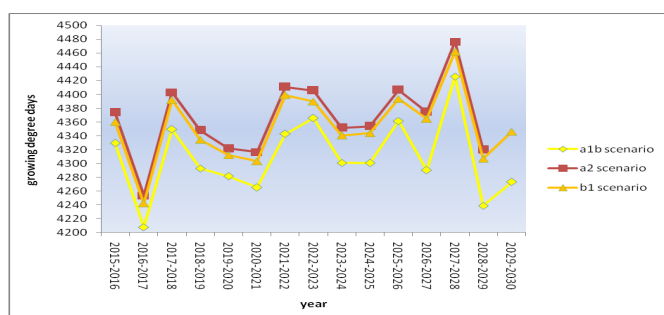


Fig.2 - Changes of growing degree days in period of (2015-2030) based on forecasted temperatures

Obtained numbers indicate increase of growing degree days in the coming years due to the increase of temperature. For further investigation and determining the time of different stages of growth they should be specified based on forecasts. At the beginning the planting date and inset of biological activities was set on October 1<sup>st</sup> with likelihood of 75% regarding initiation date of precipitation and also Based on the results of the analysis of questionnaires that were collected locally in the region(Mollaei2010). After determining the best time for planting in the area the rest of phonological stages based on thermal requirement of each stage firstly for observed data ( table3) and then for forecasted data( table 4 to 6) were determined . It should be noted that in this study the basic temperature was considered zero.

Tab.3 - the date of Different stages of growth based on the specified degree days from planting date with 75% probability based on observation data

Distribution type	Numerical weight	date	Growth stage
Pierson type3	15	October 15	Germination(180 GDD)
Log pierson type3	58	May 28	Flowering(1500 GDD)
normal	40	Jul 10	Grainfilling (2300GDD)

According to the dates obtained from observation data , during 1973 to 2014 average growth season was 268 days.

Tab. 4 - The date of Different stages of growth based on the specified degree days from planting date with 75% probability referring to forecasted data based on a2 scenario

Distribution type	Numerical weight	date	Growth stage
normal	13	October 13	Germination(180 GDD)
gambel	17	May 17	Flowering(1500 GDD)
Log normal with 3 parameters	27	Jun 27	Grain filling (2300GDD)

According to the dates obtained from forecasted data based on a2 scenario, during 2015 to 2030 average growth season is estimated about 257 days.

Tab.5 - The date of Different stages of growth based on the specified degree days from planting date with 75% probability referring to forecasted data based on b1 scenario

Distribution type	Numerical weight	Date	Growth stage
Pierson type3	13	October 13	Germination(180 GDD)
Log normal with 2 parameters	19	May 19	Flowering(1500 GDD)
Log normal with 3 parameters	28	Jun 28	Grain filling (2300GDD)

According to the dates obtained from forecasted data based on b1 scenario , during 2015 to 2030 average growth season is estimated about 258 days.

Tab. 6 - The date of different stages of growth based on the specified degree days from planting date with 75% probability referring to forecasted data based on a1b scenario

Distribution type	Numerical weight	Date	Growth stage
Log Pierson type3	37	October 7	Germination(180 GDD)
Gama with 2 parameter	43	April 13	Flowering(1500 GDD)
Log normal with 3 parameters	24	Jun 24	Grain filling (2300GDD)



According to the dates obtained from forecasted data based on a1b scenario, during 2015 to 2030 average growth season is estimated about 260 days.

### **Bibliography**

- Bekere, L.J., Silé, T., Beters, U., Sennikovs, J., 2015. climate change impact on growing degree day accumulation values. Geophysical Research Abstracts. vol17 EGU5446.
- Eini, N., Deihimfard, H., Soofizadeh, R., Haghighat, M., 2014. prediction the effects of future climate change on irrigated wheat yield in Fars province, the first electronic conference about New discoveries in environment and agricultural ecosystems.
- Nasiri Mahallati, M., 2004. the study of Meteorological indices of Iran in Climate Change condition.
- Mollaei, P., 2010, preparation of Zanjan province dry land wheat atlas using climatic data and GIS, Master's thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.
- Ismaili, R., Habyby Nokhandan, M., Qalhari, Q., 2010. The effects of changes during the growing season and frost due to climatic fluctuations Case Study of Khorasan", Journal of Physical Geography 73, pp69-82.
- Villalobos, F.J., Hall, A.J., Ritchie, T.J. AND Orgaz, F. 1996. OIL GROP-SUN: A development and yield model of the sunflower crop. Agron. J. 88:403-415.

# IL PROGETTO ADAPT2CLIMA PER L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI NELLE ISOLE DEL MEDITERRANEO

## ADAPT2CLIMA PROJECT FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IMPACTS ON MEDITERRANEAN ISLANDS

Luigi Pasotti<sup>\*1</sup>, Marco Moriondo<sup>2</sup>, Christos Giannakopoulos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Regione Siciliana, Dipartimento Agricoltura - SIAS, V. S. Giuseppe alla Rena 32, 95121 Catania - \* luigi.pasotti@regione.sicilia.it

<sup>2</sup>CNR-IBIMET - Via G. Caproni 8, 50144, Firenze

<sup>3</sup>National Observatory of Athens, Institute for Environmental Research and Sustainable Development, Athens, Greece

### Abstract

Climate change is becoming a real threat for many cropping system, especially for those in arid or semi-arid regions, where low water availability and high temperatures are anyway limiting factors. Mediterranean islands appear to be particularly vulnerable due to high frequency of drought periods and heat waves, whose intensity could increase during current century, according to most climate models.

ADAPT2CLIMA project aims to facilitate the development of adaptation strategies for agriculture by deploying and demonstrating an innovative decision support tool. The ADAPT2CLIMA tool will make it possible to simulate the impacts of climate change on crop production and the effectiveness of selected adaptation options in decreasing vulnerability to climate change in three Mediterranean islands, namely Crete (Greece), Sicily (Italy), and Cyprus. The project will steer most relevant crop practices, aiming to increase water use efficiency and to reduce soil desertification processes and heat waves impacts. Good farming practices with support of demonstration tool will be applied in Sicily in two pilot areas.

### Parole chiave

Cambiamento climatico, Adattamento, Sistema di Supporto alle decisioni, LIFE, ADAPT2CLIMA

### Keywords

Climate change, Adaptation, Decision Support System, LIFE, ADAPT2CLIMA

### Introduzione

Il cambiamento climatico sta diventando una minaccia sempre più reale per molti sistemi colturali, specialmente per quelli delle regioni aride o semiaride, dove la limitata disponibilità idrica e le elevate temperature sono in ogni caso fattori limitanti. Le isole del Mediterraneo da questo punto di vista appaiono particolarmente vulnerabili per l'elevata frequenza di periodi di siccità e di ondate di caldo torrido, la cui intensità potrebbe aumentare significativamente nei prossimi decenni secondo la maggior parte dei modelli climatici. L'agricoltura di tali sistemi necessita pertanto di una valutazione degli impatti del cambiamento climatico e di strumenti per orientare l'evoluzione delle pratiche agricole in modo da ridurre i potenziali impatti negativi, ad esempio migliorando l'efficienza d'uso delle risorse idriche e la gestione dei suoli.

### Materiali e Metodi

Per valutare le strategie di adattamento da intraprendere nelle particolari condizioni delle Isole del Mediterraneo, il progetto LIFE ADAPT2CLIMA (<http://adapt2clima.eu/it/>) prende in esame le caratteristiche dei principali sistemi colturali in aree pilota situate in Sicilia, sull'isola di Creta e sull'isola di Cipro. Per la Sicilia, in particolare, sono stati presi in esame il sistema colturale basato sui seminativi di un'importante area cerealicola, quella del Bacino del fiume Dittaino, ed i sistemi colturali, basati principalmente su vite ed olivo, della provincia di Trapani. La valutazione e la

conseguente modellizzazione delle risorse idriche e termiche del clima attuale nelle due aree pilota permetteranno di valutare l'impatto sui sistemi colturali di scenari di clima futuro ottenuti da modelli climatici.

È prevista la realizzazione di uno strumento di supporto alle decisioni basato sul web da utilizzare per orientare le scelte e le pratiche colturali delle aziende agricole e delle autorità di programmazione.

Tale strumento fornirà informazioni relativamente a:

- valutazione e quantificazione degli scenari di clima futuro relativamente a precipitazioni e temperature;
- valutazione delle possibili variazioni nelle condizioni idrologiche;
- valutazione delle vulnerabilità sulle colture selezionate;
- valutazione delle opzioni di adattamento identificate.

Il progetto si attua mediante una strategia di coinvolgimento di portatori di interesse che si attua attraverso non solo istituzioni di ricerca e di assistenza tecnica, ma anche realtà aziendali cooperative e private.

Oltre a fornire supporto ai produttori delle aree interessate, il progetto si pone l'obiettivo di supportare l'attuazione dei programmi di Sviluppo Rurale della Commissione Europea, fornendo strumenti efficaci in particolare nella implementazione delle misure agro-climatiche.

La durata del progetto è di 43 mesi e la conclusione è prevista nel mese di aprile 2019.

# SERVIZI METEOROLOGICI E CLIMATICI PER GLI AGRICOLTORI: VALUTAZIONE DI IMPATTO IN ALCUNI PAESI AFRICANI

## *WEATHER AND CLIMATE SERVICES FOR FARMERS: IMPACT ASSESSMENT IN WEST AFRICA*

Vieri Tarchiani<sup>1</sup>, Federica Rossi<sup>1\*</sup>, José Camacho<sup>2</sup>, Robert Stefanski<sup>2</sup>, Mian Kodjenini Augustin Dominic<sup>3</sup>,  
Soami Poekperlaar<sup>4</sup>, Hamidou Coulibaly<sup>5</sup>, Aïssatou Sitta Adamou<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Institute of Biometeorology, CNR, Italy IBIMET-CNR, Italy

<sup>2</sup> Agricultural Meteorology Division, WMO, Switzerland

<sup>3</sup> Sodexam, Ivory Coast

<sup>4</sup> National Meteorological Administration, Ghana

<sup>5</sup> ONM, Mauritania

<sup>6</sup> DMN, Niger

\* f.rossi@ibimet.cnr.it

### Abstract

This paper presents the first results of a ten-year METAGRI project, implemented by WMO and its national partners in West Africa, to deliver weather and climate information and advisory services to effectively support farmer decision-making and risk management under a changing climate. Here the evaluation of the impacts of the METAGRI approach on farmers' behavior and crop productivity in 4 countries: Mauritania, Niger, Cote d'Ivoire and Ghana is reported.

### Parole chiave

METAGRI, supporto agli agricoltori, servizi agrometeorologici.

### Keywords

METAGRI, support to farmers, weather climate services

### Introduzione

Climate change, climate variability and increasing extreme hydrometeorological events are a threat to western Africa populations because they affect crop production and exacerbate food insecurity in an area where most livelihoods rely on small-farm agriculture. Crop production systems are particularly fragile due to desertification, soil degradation, low soil fertility, high levels of crop, and livestock diseases.

The vulnerability of production systems to climate risks is worsened by population pressure, poverty, and food insecurity. Despite this uncomfortable situation, most smallholder farmers, who are the majority of the population, rely on annual rainfed crops for satisfying their basic food needs and are unable to implement effective strategies for minimizing actual and future climatic risks. Since the '80s, the World Meteorological Organization engaged in supporting countries to develop agrometeorological approaches to improve farmers' resilience toward drought and other climate related hazards.

The last 10 years, WMO and its national partners have been implementing the METAGRI project in West Africa, whose approach is based on the postulate that weather and climate information and advisory services

can effectively support farmer decision-making and risk management under a changing climate, improving agricultural productivity and increasing farmer incomes. This paper presents the results of the evaluation of the impacts of the METAGRI OPS (METAGRI OPERATIONAL) approach on farmers behavior and crops productivity in 4 countries: Mauritania, Niger, Cote d'Ivoire and Ghana. That project is an evolution of METAGRI in order to provide weather and climate services to a wider public of rural sectors (including livestock management, forest, traditional fisheries and rangelands) by the NMHS in close cooperation with other national institutions that have mandate on food production or food security.

### Materials and methods

METAGRI OPS has been conceived building on some METAGRI lessons learnt can be resumed in:

- Plastic rain-gauge is a good tool but it needs improvements.

- Communications tools are improving quickly, so that special attention should be paid to new communication procedures, integrating existing and old practices.

-In some Countries there is a need to develop or strength the Pluridisciplinary Working Groups in Agrometeorology, involving agricultural authorities, food security officers, plant and animal health experts, researchers and meteorologists.

-NMHS should be better integrated into the National Action Plans for Adaptation to Climate Change.

-More attention on the role of the media, the use of local languages for walking the last mile to reach the users.

The New project started in 2012 with the objective to improve the performance of the Roving Seminars as requested by the Conference of Directors of Western Africa NMHS and to develop new components as training, development of communications skills, feedback and evaluation tools and institutional strengthening.

METAGRI OPS has been implemented in 17 Countries: Burkina Faso, Mali, Mauritania, Niger, Senegal, Benin, Cape Verde, Gambia, Guinea, Guinea-Bissau, Togo, Ghana, Nigeria, Côte d'Ivoire, Liberia, Chad, Sierra Leone. Chad and Sierra Leone who did not participated in METAGRI joined respectively in 2012 and 2014. Moreover, the training component was opened also to other countries of Central (Cameroon) and East Africa (Ethiopia, Tanzania, Kenya, Uganda and others).

The test methodology included:

-Assessing the context of climate services in the country

-Assessing use and impacts of Weather and Climate Services on farmers behavior

-Assessing impacts of Weather and Climate Services on crop production

The assessment is community based and context specific, indeed project impacts have been evaluated in relation to the national context for 4 selected countries.

Selected countries are Ghana, Mauritania, Côte d'Ivoire and Niger.

Methodology has been specifically developed in collaboration of the Focal Points of selected Countries for the application during the 2015 campaign.

Inputs were: roving seminars reports, questionnaires, field surveys.

## Results and Discussion

From the first data analysis, weather and climate services for farmers demonstrate to be useful at different levels: making strategic choice on the seed variety and on the geographical distribution of plots, choosing the most appropriate planting date, better tuning of crop development cycle with the rhythm of

the rains and choosing favorable periods for different cultural operations.

Some differences arose also according to the different agroecological zones of the Countries, mainly on the timing of different cropping practices because of the different climatic patterns.

## Conclusions

Agrometeorological informed decision making process, compared to the traditional one, had stronger impact during critical years, such as the 2015 when the rainy season has been characterized in the whole region by a late onset, some dry spells and a early cessation of rains, even if the total amount was normal.

Results show in general that agrometeorological information has a stronger impact in drier areas where climate is the main limiting factors. Nevertheless, many challenges remain on the road to render climate services relevant for smallholder farmers and to render farmers open to adopt the advices. The presence of extension services as well as NMHS, local administrations, NGOs and other actors working at local level with farmers allowed a more effective formulation and dissemination of agrometeorological advises.

The project and the analysis or its results are in process, and the evaluation is a complex matter, that will require further development. Most effort will, however, go to develop a good provision of salient, usable and timely climate information and advisory services even to the most remote and vulnerable farmers.

# EFFETTO DELLA POTATURA TARDIVA SULLA COMPOSIZIONE DI UVE BIOLOGICHE SANGIOVESE

## *EFFECT OF LATE WINTER PRUNING ON SANGIOVESE GRAPE BERRY COMPOSITION FROM ORGANIC MANAGEMENT*

Nemanja Teslić<sup>1\*</sup>, Andrea Versari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural and Food Sciences, University of Bologna, Piazza Goidanich 60, Cesena, (FC), 47521, Italy.

\*nemanja.teslic2@unibo.it

### Abstract

Mitigation strategies, such as late winter pruning, can be imposed in order to slow down shoot growth and sugar accumulation in the berry. During 2015 vintage, three different timing of winter pruning were applied to organic cv. Sangiovese vines: control T1 (December), T2 (March) and T3 (April). At harvest, the concentration of total soluble solids were significantly higher in vines submitted to T3 (24.43 Bx°) and T2 (24.13) respect to T1 (23.0) while yield in plants treated in T1 (2.24 kg/plant) and T2 (2.14) was significantly higher compared to T3 (1.25). Berry weight was lower without significant difference in vines submitted to T3 (1.95 g/berry) respect to T1 (2.01) and T2 (2.07). Berry juice titratable acidity was lower without significant difference in T1 (7.55 g tartaric acid/l) compared with T2 (7.60) and T3 (7.71), while pH was similar within treatments, 3.17, 3.14 and 3.14 in T1, T2 and T3, respectively. Number of bunches per plant was 14, 15, 11 in T1, T2, T3, respectively. Although, T3 displayed significantly higher berry TSS compared with control T1 and T2 a slower shoot growth was observed during the early phenological stages and significantly lower yield compared to T2 and T1 was detected. Therefore, further studies of late winter pruning application on grapevine need to be conducted with included monitoring of leaf to fruit area and techniques which control sink-source balance, such as cluster thinning, in order better understand potential of TSS reduction in vines.

### Keywords

Berry composition, climate change, mitigation strategies, organic Sangiovese grape, sustainability.

### Parole chiave

Composizione uve Sangiovese, cambiamento climatico, strategie di mitigazione, biologico, sostenibilità.

### Introduction

Grape and wine production is affected by climate change, (Fraga et al. 2014), which is responsible for over 50 % of higher alcohol content in wines during past years (Jones 2010). In particular, increasing temperature during vegetative season boosts phenological phases and sugar accumulation in the berry, which may lead to the production of wines with high alcohol levels (Duchêne and Schneider 2005; Jones 2012). Excessive alcohol in wines may cause various microbiological, technological, sensorial and financial implications to the wine industry (Mira de Orduña 2010). In particular, during warm seasons high grape sugar concentration at harvest may cause slow/stuck alcoholic fermentations (Coulter et al. 2008), as well alter sensory features due to ethanol's tendency to suppress the perception of sourness (William 1972), reduce astringency perception (Vidal et al. 2004) and increase bitterness perception (Sokolowsky and Fischer 2012). Moreover, in the USA winemakers need to pay additional taxes if wine contains more than 14.5% v/v of alcohol, whereas in EU the alcohol limit for table wine is 15.0% v/v. Recently consumers showed preference for wines with lower alcohol content (between 9 and 13% v/v) (Massot et al. 2008). Therefore, excessive wine alcohol removal or sugar accumulation reduction techniques needed to be applied in order to mitigate mentioned implications.

Mitigation techniques can be divided in three groups: (I) vineyard management – shoot trimming (Filippetti et al. 2011; Rombolà et al., 2011; Rombolà et al., 2014; Rombolà et al., 2015; Bondada et al., 2016), late irrigation (Fernandez et al 2013) etc, (II) biotechnological approach – yeast with lower ethanol production (Giaramida et al. 2013) and (III) winery management – nanofiltration, reverse osmosis (Massot et al. 2008), spinning cone column (Belisario-Sanchez et al. 2009) etc.

Possibility of slowing down berry sugar accumulation through canopy management practices, is of paramount importance in organic farming due to prohibition of techniques, such as dealcoholization, to correct wine alcohol (Reg. EC 203/2012).

Therefore, this study was focused on late winter pruning, as one the vineyard management techniques to mitigate total soluble solids (TSS) in grapes, applied to the organically cultivated Sangiovese grapes which is main red cultivar cultivated in Italy (planted in approximately 10% of overall vineyards).

### Materials and Methods

The experiment was performed in 2015, in a mature vineyard of cv. Sangiovese (clone FEDIT 30 ESAVE), *Vitis vinifera* L., grafted on Kober 5BB rootstock and trained to Cordon du Royat. The vineyard is located in Tebano (Faenza, RA), Italy (44°17'7" N, 11°52'59"E, 117



m a.s.l.), in a medium hill slope, with South-East/North-West and downhill oriented rows. Vines were spaced 2.8 m x 1.0 m (3,571 plants/ha). Starting in 2007, the vineyard was managed as organic in accordance with Reg. EC 834/2007 (EC., 2007). Since 2007, no irrigation water has been supplied and no fertilizers have been provided. The vineyard was treated to control diseases and pests, using organic products allowed by the EC Regulation (EC, 2002). Yearly, at the end of the vegetative season, herbaceous species were sowed in alternate planting rows, such as fava bean (*Vicia faba*), barley (*Hordeum vulgare*) and in the row strip, *Trifolium subterraneum*. Soil was managed by moving the vegetation in late spring and successively maintaining the biomass on the soil surface.

The experiment included 3 treatments, in a block-randomized experimental design:

(i) Treatment 1 (T1-control) – pruning performed in December, BBCH=0;

(ii) Treatment 2 (T2) - pruning performed in March, BBCH=0;

(iii) Treatment 3 - pruning performed in April, BBCH=12.

Each treatment was applied to 3 replications, for a total of 3 experimental plots, each including 9 sample plants (total 27 sample plants).

Grapevine development was followed during whole vegetative season with BBCH scale (Lorenz et al, 1994). The occurrence of bud break (BBCH=7; green shoot tips clearly visible), flowering (BBCH=65; 50 % of flowerhood fallen), veraison (BBCH=83; 50% of colored bunches) and technological maturity (BBCH=89; optimal ratio between total soluble solids and titratable acidity) were monitored.

Samples of 100 berries, randomly chosen from the top, middle and bottom of the bunches were collected, in each experimental plot, five times from veraison to harvest and following parameters were evaluated: berry weight (technical balance Gibertini Elettronica S.r.l., Milan, Italy), total soluble solids (TSS, Electronic Refractometer Maselli Misure S.P.A., Parma, Italy), titratable acidity (TA) and pH (Crisin Compact Titrator, Crisin Instrument SA, Barcelona, Spain).

At harvest, productive parameters, such as number of clusters per plant, productivity per vine (Wunder Digital Dynamometer, Wunder SA-Bi S.r.l, Milan, Italy), and bunch weight.

Parametric data were submitted to one way Anova in order to detect differences within parameters. For the further exploration of differences, parameters with significant difference detected with Anova (TSS and yield per plant), were submitted to the Least significant difference (LSD) post hoc test. Tests were performed with significance level of 95 and 90 %.

## Result and Discussion

### Plant development

Bud burst (BBCH=7) occurred in the same period for all treatments. From bud burst until the middle of August, plant development of control plants and vines submitted to

T2 were slightly different, whereas since middle of August, T2 had tendency to develop faster. In plants submitted to T3 a delay in early periods of plant development was observed compared to T1 and T2. This delay in plants submitted to T3 was compensated at veraison, ultimately leading, to a fastest development, respect to the T1 and T2, until harvest period (**Fig. 1; Fig.2**).

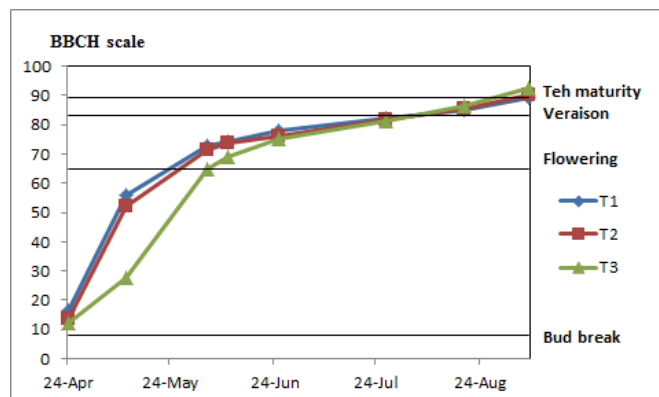


Fig 1 - Lorenz et al. extended BBCH scale of grapevine development submitted to T1, T2 and T3 from plant dormancy period (BBCH=0) until technological maturity (BBCH=89). T1 - winter pruning performed in December; T2 - winter pruning performed in March; T3 - winter pruning performed in April.

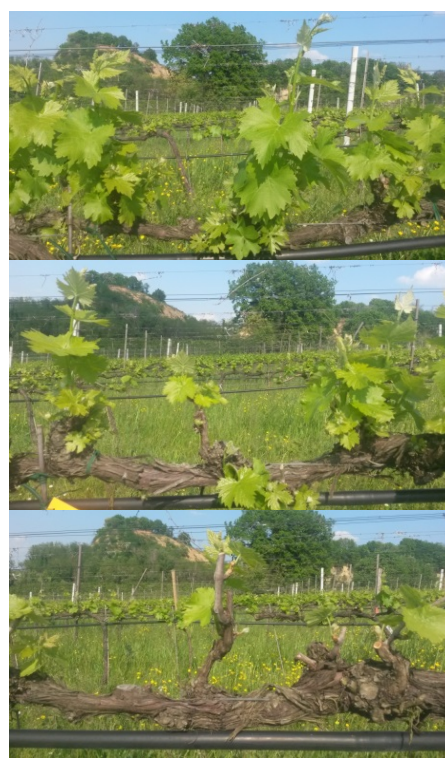


Fig. 2 - Shoot growth progress on the April 24<sup>th</sup>; up, T1 - winter pruning performed in December; center, T2 - winter pruning performed in March; down, T3 - winter pruning performed in April.

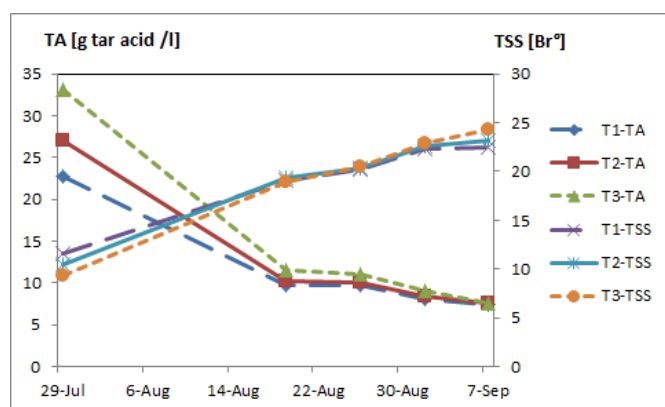
Plants submitted to T3 had tendency to develop slower compared to T1 and T2, maximum differences were reached between bud burst and flowering. Flowering (BBCH=65) occurred slightly earlier in T1 compared with T2, while in T3, flowering was significantly delayed respect to T1. Veraison (BBCH=83) occurred slightly earlier in T1 compared with other treatments. Technological maturity was observed slightly earlier in vines submitted to T3 respect to T2 and T1.

#### Technological parameters

At harvest, TSS was 24.3, 24.13 and 23.0 Bx° in T1, T2 and T3 respectively (Tab.1).

*Tab. 1 - Grape composition and productive parameters of organically cultivated cv. Sangiovese, submitted to T1, T2 and T3 treatments during vintage 2015; one way Anova: a - 90 % significance, NS - not significant; LSD: b – different from T1 with 90 % significance, c – different from T1 with 95 % significance, d – different from T3 with 95 % significance.*

	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	p-value
Total soluble solids [Bx°]	23.0	24.13b	24.43c	0.052a
Titrateable acidity [g tar acid/l]	7.55	7.60	7.71	NS
pH	3.17	3.14	3.14	NS
Yield [kg/plant]	2.24d	2.14d	1.25	0.068a
Berry weight [g]	2.01	2.07	1.95	NS
Bunch weight [g]	158.76	138.9	114.16	NS
Number of bunches per plant	14	15	11	NS



*Fig. 3 - Seasonal trends of total soluble solids (TSS, Brix) and titrateable acidity (TA, g/L tartaric acid), recorded in 2015 on cv. Sangiovese vines submitted T1, T2 and T3. Data are means of n=3 values. T1 - winter pruning performed in December; T2 - winter pruning performed in March; T3 - winter pruning performed in April.*

Due to slightly faster plant development, berries from T1 plants had higher TSS at 29th of July, compared with T2

and T3. However, differences within treatments decreased until 26th of August, when TSS was same in all treatments. (Fig. 3).

Berries from plants submitted to T3 displayed faster total soluble solids accumulation respect to the T1. At harvest, T3 had significantly higher TSS respect to T1, while no differences were observed between T2 and T3. Highest TSS concentration in berries of vines submitted to T3 at harvest may possibly be explained with different source-sink balance within treatments caused by different yield per plant between treatments. Plants with higher yield per plant (T1 and T2) have higher carbon demand in order to reach certain value of TSS while plants with lower yield per plant (T3) have lower carbon competition within bunches resulting faster sugar accumulation (Bobeica et al, 2015). Since leaf to fruit area was not monitored, last statement need to be taken with caution. Although, highest quantity of soluble solids vines submitted to T3 was achieved, which is contrary to the desired objective, further studies need to include, next to later winter pruning, monitoring of leaf to fruit area and techniques which control sink-source balance, such as cluster thinning, in order better understand potential of TSS reduction in plants submitted to late winter pruning. Opposite to TSS, at the end of July, TA was highest in T3 comparing to T1 and T2 to T1. Differences in titrateable acidity levels among treatments decreased until the beginning of September. At harvest slightly higher TA values were detected in berries from plants submitted to T3 compared with those of T2 and T1 vines, however, detected differences, were not significant. Similarly, berry juice pH at harvest was similar in all treatments 3.14, 3.14 and 3.17 in T3, T2 and T1, respectively. In other studies (Pallioti et al. 2014) significant TSS, pH, titrateable acidity and berry weight reduction was detected when winter pruning was applied on vines before bud burst (BBCH=0) respect to vines where pruning was applied after inflorescence swelling (BBCH=55).

#### Productive parameters

Parameters, such as number of bunches, weight per berry, cluster weight were not significant within treatments while significant differences were detected in yield per plant (Tab. 1). Lowest plant yield within T3 comparing to T1 and T2, same as plant development in early stages, may be explained by different timing of pruning imposition, before bud burst (T1 and T2), after bud burst (T3), which is in agreement with literature (Pallioti et al. 2014). Pallioti et al. (2014) applied pruning on cv. Sangiovese grapes and detected significant yield reduction when winter pruning was applied after bud burst event.

#### Conclusion

Late pruning influenced plant development. In particular, plants submitted to T3 had a delay in early periods of plant development compared to T1 and T2. This delay in vines submitted to T3 was compensated at veraison, ultimately

leading, to a fastest development, respect to the T1 and T2, until harvest period.

The imposition of late pruning to cv. Sangiovese vines significantly modified TSS in plants submitted to T3 and T2 respect to T1 and yield per plant in T1 and T2 compared to T3, while differences of pH, TA, berry weight, number of bunches were not significant.

Although, T3 displayed significantly higher berry TSS compared with control T1 and T2 a slower shoot growth was observed during the early phenological stages and significantly lower yield compared to T2 and T1 was detected. Therefore, further studies of late winter pruning application on grapevine need to be conducted with included monitoring of leaf to fruit area and techniques which control sink-source balance, such as cluster thinning, in order better understand potential of TSS reduction in vines.

## References

- Belisario-Sanchez Y., Taboada-Rodriguez A., Marin-Iniesta F., Lopez-Gomez A., 2009. Dealcoholized wines by spinning cone column distillation: Phenolic compounds and antioxidant activity measured by the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57:6770–6778.
- Bobeica N., Poni S., Hilbert G., Renaud C., Gomès E., Derlot S., Dai Z., 2015. Differential responses of sugar, organic acids and anthocyanins to source-sink modulation in Cabernet Sauvignon and Sangiovese grapes. *Frontiers in plant science*, 6:382.
- Bondada B., Covarrubias J.I., Tessarin P., Boliani A.C., Marodin G., Rombolà A.D., 2016. Post-veraison shoot trimming reduces cluster compactness without compromising fruit quality attributes in organically-grown Sangiovese grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 67: 206-211.
- Duchêne E., Schneider C., 2005. Grapevine climatic changes: A glance at the situation in Alsace. *Agronomie*, 25:93–99.
- Coulter D., Henschke A., Simos A., Pretorius S., 2008. When the heat is on, yeast fermentation runs out of puff. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 23:26–30.
- Fraga H., Malheiro C., Moutinho-Pereira J., Jones G., Alves F., Pinto G., Santos A., 2014. Very high resolution bioclimatic zoning of Portuguese wine regions: Present future scenarios. *Regional Environmental Change*, 14:295–306.
- Fernandez O., Sánchez S., Rodriguez L., Lissarrague J.R., 2013. Effects of different irrigation strategies on berry and wine composition of Cabernet Sauvignon grapevine grown in Madrid (Spain). In: *Proceedings of 18th International Symposium Giesco*, Porto, Portugal, 7-11 July.
- Filippetti I., Allegro G., Mohaved N., Pastore C., Valentini G., Intrieri C., 2011. Effects of late-season source limitations induced by trimming and antitranspirants canopy spray on grape composition during ripening in *Vitis vinifera* cv. Sangiovese. In: *Proceedings of 17th International Symposium Giesco*, Asti-Alba, Italy, August 29th–2nd September.
- Giaramida P., Ponticello G., Di Maiol S., Squadrito M., Genna G., Barone E., Scacco A., Corona O., Amore G., Di Stefano R., Oliva D., 2013. Candida zemplinina for Production of wines with less alcohol and more glycerol. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 34: 204-211.
- Lorenz D., H., Eichhorn K., W., Bleiholder H., Klose R., Meier U., Weber E., 1994. Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). *Vitic. Enol. Sci*, 49: 66–70.
- Mira de Orduña R., 2010. Climate change associated effects on grape wine quality production. *Food Research International*, 43:1844-1850.
- Jones G., Ried R., Vilks A., 2010. *The Geography of wine*. Dougherty P., Springer Press, Berlin, 245 pp.
- Jones G., 2012. Climate, grapes, wine: structure and suitability in a changing climate. *Acta Horticulturae*, 931:19–28.
- Massot A., Mietton-Peuchot M., Peuchot C., Milisic V., 2008. Nanofiltration and reverse osmosis in winemaking. *Desalination*, 231:283–289.
- Palliotti A., Tombesi S., Frioni T., Famiani F., Silvestroni O., Bellincontro A., Poni S., 2014. Late winter pruning as a tool to control vine yield and accumulation of soluble solids in Sangiovese grapevines. In: *Proceedings of 10th International Terroir Congress*, Tokaj, Hungary, 7–10 July.
- Rombolà A.D., Covarrubias J.I., Boliani A.C., Marodin G.A., Ingrosso E., Intrieri C., 2011. Post-veraison trimming practices for slowing down berry sugar accumulation and tuning technological and phenolic maturity. In: *Le progrès agricole et viticole. Hors série-special Proceedings of the 17th International Meeting of Viticulture GiESCO*, Asti-Alba, Italy, August 29th - September 2nd.
- Rombolà A. D., Botelho R. V., Tessarin P., Bombai G., Knuttzen E., 2014. Gestione del suolo e della chioma in sistemi viticoli altamente sostenibili. *Acta Italus Hortus*, 13: 183-184.
- Rombolà A.D., Tessarin P., Tumbarello G., Parpinello G.P., Versari A. 2015. Evaluation of Soil and Canopy Management Strategies in Highly Sustainable Viticultural Systems. *Proceedings of the 19th International Meeting of Viticulture GiESCO*, Pech Rouge-Montpellier, France, May 31st - June 5th, 95-98.
- Sokolowsky M., Fischer U., 2012. Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time- intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis. *Analytica Chimica Acta*, 732:46–52.
- Vidal S., Courcoux P., Francis L., Kwiatkowski M., Gawel R., Williams P., 2004. Use of an experimental design approach for evaluation of key wine components on mouth-feel perception. *Food Quality and Preference*, 15:209–217.
- Williams A., 1972. Flavour effects of ethanol in alcoholic beverages. *The Flavour Industry*, 3:604–607.

# CLIMATE CHANGE SCENARIOS OVER ITALIAN AREAS SELECTED IN *PRIMES-LIFE+ PROJECT*

## SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO NELLE AREE ITALIANE SELEZIONATE NEL PROGETTO PRIMES -LIFE+

Rodica Tomozeiu\*, Carlo Cacciamani, Lucio Botarelli

Arpa Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima, Viale Silvani 6, 40123, Bologna, Italy  
[\\*rtomozeiu@arpa.emr.it](mailto:*rtomozeiu@arpa.emr.it)

### Abstract

Climate change is one of the major challenges that humanity will face in the coming years. The development of scientific and technical knowledge makes possible the study of climate changes at various temporal and spatial scales, but can also allow to create policies and identify tools to adapt and mitigate its effects. PRIMES -*Preventing flooding risk by making resilient communities*- is a *Life +* project focused on this issue of adaptation to climate change, and aims to build resilient communities through their participation in the operations of early warning and flood risk prevention. The selected pilot areas are: Emilia-Romagna, Abruzzo and Marche. Knowledge of territorial vulnerability is linked to the study of present and future climate changes. Preliminary results of the assessment of future climate changes in seasonal minimum and maximum temperature and precipitation over the pilot areas are presented in this work. In order to achieve this goal a statistical downscaling technique applied to CMCC-CM global climate simulations, has been developed. The statistical downscaling models have been constructed using: large-scale fields derived from ERA40 and ERA-interim re-analysis, and the observed daily gridded data of temperature and precipitation over the pilot areas, data that belong to E-OBS data set. The local scenarios are constructed in the framework of RCP4.5 and RCP8.5-Representative Concentration Pathways, and are referred to 2021-2050 with respect to 1971-2000.

### Keywords

Statistical downscaling, projections, minimum and maximum temperature, precipitation

### Parole chiave

Downscaling statistico, proiezioni, temperature minima e massima, precipitazioni

### Introduction

During the last decades great attention has been paid to the study of extreme weather events and their impacts, especially after the occurrence of several extreme events related to precipitation and temperature. The regions selected in PRIMES-Life+ project have already registered over the last years signs of significant changes in temperature and precipitation regimes. Just as an example, an intense precipitation event was registered in Emilia Romagna on 2009 at the end of the second decade of January, when the total precipitation values registered in three days were around 420 mm at Enza River basin and 310 mm at Secchia River basin. The event leads to an increase of hydrological levels associated with floods and land slides. As regards temperature, recent extreme events had been registered over Emilia Romagna region, for example on 5 November 2015 the maximum temperature reached values of 25°C (the hill area).

A common analysis of extreme events over the three case studies is one of the first objective of the project. Observed daily data are planned to be used to construct a common data base, useful in the study of past and present variability of extreme events.

In addition, future knowledge of changes in frequency and intensity of such kind of events, that sometimes could appear at very small scale, are requested in the risk analysis, prevention of the community and for the

elaboration of action plan. The future scenarios could be constructed using different emission scenarios. Recently, four Representative Concentration Pathways (RCP) are taken into account named as: RCP2.6, RCP4.5, RCP6, and RCP8.5, after a possible range of radiative forcing values in the year 2100 relative to pre-industrial values (+2.6, +4.5, +6.0, and +8.5 W/m<sup>2</sup>), respectively. RCP4.5 and RCP 8.5 are planned to be used in the project, for the window 2021-2050.

Some preliminary results of future changes in temperature and precipitation over case studies using a common tool, namely the statistical downscaling scheme, is presented in the present work, over the period 2021-2050 with respect to 1971-2000.

### Material and Methods

The statistical downscaling technique used in the present work is a multivariate regression based on the assumption that the local climate is determined by the state of the large-scale fields. Such kind of approach is known as Perfect-Prog. Firstly, the statistical relationship is constructed and validated using observed data. The link between large scale fields (predictors) and local fields (predictands) has been identified in this study through the canonical correlation analysis (von Storch, 1995). The predictors simulated by CMCC-CM global climate model

(<http://www.cmcc.it/it/models/cmcc-cm>), in the framework of RCP45 and RCP85 radiative concentrations, are then fed into the constructed statistical scheme (CCAReg), in order to estimate the corresponding local climate signal. Two types of data sets have been used in order to produce future climate projections: observed local data set and large scale data (re-analysis and simulated by GCMs). The local data set used in this work is composed from daily minimum, maximum temperature and precipitation that belong to E-Obs data set (Figure 1). The data are defined at a regular grid with a spatial resolution of  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ , over the period 1951-2014 (Haylock et al., 2008) and the source of data is:

<http://www.ecad.eu/download/ensembles/ensembles.php>.

The large-scale predictors tested in the present work are: mean sea level pressure (MSLP), geopotential height at 500 hPa (Z500) and temperature at 850 hPa (T850). The fields used in the set-up phase of the statistical downscaling scheme are derived from ERA40 and Era-interim re-analysis (<http://www.ecmwf.int/products/>). The data cover the window  $90^\circ\text{W}$ - $90^\circ\text{E}$  and  $0^\circ$ - $90^\circ\text{N}$  and are referred to the period mid-1957 to 2010. Regarding the CMCC-CM data, large scale fields at resolution of  $0.75^\circ \times 0.75^\circ$  from 1971-2000 and 2021-2050 periods have been used ( details about model data in: Scoccimaro et al., 2011).



Fig. 1 - Map of the case studies( regions and focused point) and the distribution of E-Obs grided data set (<http://www.ecad.eu>)

Fig. 1 - Mappa con le aree di studio ( regioni e punti di studio) e la distribuzione spaziale dei punti di griglia dell'analisi E-Obs (<http://www.ecad.eu>)

## Results

Previous works done over Emilia Romagna and Northern Italy concluded that the T850 is the best predictor for minimum and maximum temperature, while geopotential height at 500hPa (Z500) and MSLP were detected to be good predictors for some extreme of temperature and for precipitation (Tomozeiu et al.,2014). Starting from the above results, it was tested the goodness of the predictors taking into account PRIMES case studies. The results confirmed the validity of the selected predictors, this

underlay the stability of the link between local and large scale.

Preliminary results of future scenarios of seasonal minimum and maximum temperature obtained through statistical downscaling technique applied to CMCC-CM experiments at grid points, estimate a possible increasing in both minimum and maximum temperature over all analysed areas and in all seasons, over 2021-2050. This increasing vary between  $0.8^\circ\text{C}$  - $2.5^\circ\text{C}$  over the case studies, with extremes of changes that could reach  $3^\circ\text{C}$  for maximum temperature, during summer season. Figure 2 presents like an example the distribution of changes projected for summer maximum temperature over the period 2021-2050 with respect to 1971-2000, RCP4.5(left) and RCP8.5 (right) radiative concentration pathways and T850 as predictor.

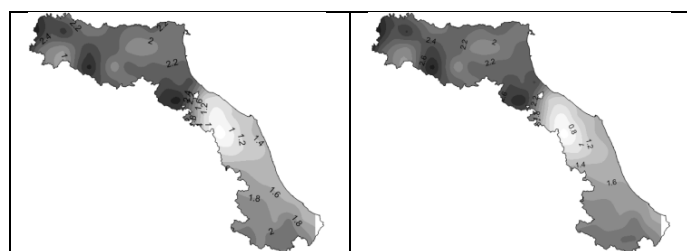


Fig. 2 - Projected changes of summer maximum temperature ( $^\circ\text{C}$ ) of CCAReg simulations applied to CMCC-CM 2021-2050 relative to 1971-2000, RCP4.5(left) and RCP8.5(right).

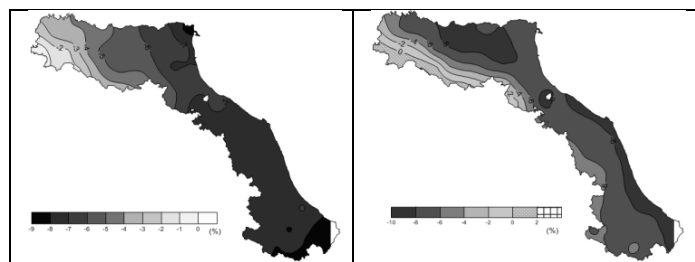
Fig. 2 - Proiezioni di cambiamento climatico della temperature massima estiva ( $^\circ\text{C}$ ) ottenute attraverso modello CCAReg applicato al modello globale CMCC-CM, 2021-2050 rispetto al 1971-2000, RCP4.5 (sinistra) and RCP8.5(destra).

As could be observed from the patterns of spatial distribution of changes of maximum temperature, this is similar for both radiative scenarios, with small differences in the intensity of signal. This could be due to the fact that the difference in the emission scenarios becomes significant after 2040-2050. As concerns precipitation, the climate projections obtained through the same technique show a pattern of changes more complex, different from season to season and over the regions. Preliminary results show that a decrease in winter and summer precipitation could be expected to occur over 2021-2050 respect to 1970-2000.

Fig.3 presents the signal of projected winter precipitation(%) over Abruzzo, Emilia-Romagna and Marche for the period 2021-2050 respect to 1971-2000.

As could be noted a decrease is projected to occur over the case studies, around 7% (mean value) with a maximum of -10%, for the period 2021-2050 respect to 1971-2000 in both RCP scenarios. A small number of grid points exhibit a small increase (around 2%) in the Apennine. The statistical test underlies that the signal of changes during winter is not significant at 95%.





*Fig. 3 - Projected changes of winter precipitation (%) of CCAReg simulations applied to CMCC-CM 2021-2050 relative to 1971-2000, RCP4.5(left) and RCP8.5(right).*

*Fig. 3 - Proiezioni di cambiamento climatico della precipitazione invernale (%) ottenute attraverso modello CCAReg applicato al modello globale CMCC-CM 2021-2050 rispetto al 1971-2000, RCP4.5(sinistra) and RCP8.5 (destra).*

### Conclusions

The preliminary results underlay an increase in minimum and maximum temperature over the three case studies, during all seasons, with similar intensity for both emission scenarios. A decrease in winter precipitation is expected to occur over the case studies during 2021-2050 period. Future scenarios of extremes, focused more on precipitation is planned to be done in order to construct a complete framework of future climate, useful in the risk analysis and action plan for the case studies of the project.

### References:

- Haylock M.R., Hofstra N., Klein Tank A.M.G., Klok E.J., Jones P.D., New M. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res (Atmospheres)*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201
- Scoccimarro E., Gualdi S., Bellucci A., Sanna A., Fogli, E. Manzini P.G., Vichi M., Oddo P., and Navarra A. 2011: Effects of Tropical Cyclones on Ocean Heat Transport in a High Resolution Coupled General Circulation Model. *Journal of Climate*, 24, 4368-4384.
- Von Storch H 1995: Spatial Patterns: EOFs and CCA. In: von Storch H, Navarra A (eds) *Analysis of climate variability. Application of statistical techniques*. Springer pp 227-258
- Tomozeiu R., Agrillo G., Cacciamani C., Pavan V 2014: Statistically downscaled climate change projections of surface temperature over Northern Italy for the periods 2021-2050 and 2070-2099, *Nat. Hazards*, 72:143-168 DOI 10.1007/s 1069-013-0552-y

# ANALISI DELL' EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE IN EMILIA-ROMAGNA SU GRIGLIA INTERPOLATA ERG5

## ANALYSIS OF THE POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN EMILIA-ROMAGNA THROUGH THE ERG5 INTERPOLATED GRID

Antonio Volta<sup>1,2\*</sup>, Gabriele Antolini<sup>2</sup>, Fausto Tomei<sup>2</sup>, William Pratizzoli<sup>2</sup>, Vittorio Marletto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agromet srl – Startup innovativa, via san Vitale 40/3, 40125, Bologna (Bo)

<sup>2</sup> ARPAE SIMC – Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna, Servizio Idro Meteo Clima, viale Silvani 6, 40121, Bologna (Bo)

\*[antonio.volta@agromet.it](mailto:antonio.volta@agromet.it)

### Abstract

Climate change requires adaptation actions in order to rise the land resilience. Therefore one has to improve the monitoring techniques which are available for land management. The Emilia-Romagna region has a grid of hourly agrometeorological data called ERG5 used to fulfil many operative tasks. This grid fed by interpolated data has a 5km x 5km mesh. In this study we have compared the potential evapotranspiration computed from weather data stations to that computed from interpolated data by means of the Hargreaves-Samani formula. This study shows a non negligible underestimate of the potential evapotranspiration by ERG5 due to technical issues below reported. A new calibration of parameters was then performed in order to adapt the formula by using mean hourly data.

### Parole chiave

evapotraspirazione potenziale, interpolazione dati

### Keywords

potential evapotranspiration, data interpolation

### Introduzione

L'evapotraspirazione come sappiamo è una delle variabili fondamentali da monitorare per individuare il consumo d'acqua nel comparto agricolo. Questo dato risulta ancor più importante se pensato in ottica del cambiamento climatico che tende a rendere più critica la gestione dell'acqua a scopo irriguo. In Emilia-Romagna le ultime estati hanno avuto andamenti molto diversi l'una dall'altra, passando da estati decisamente piovose come il 2014, ad estate molto calde e secche come il 2012 e il 2015.

Per un accorto monitoraggio agro-ambientale ARPAE-SIMC si è dotata di un sistema denominato ERG5 (Antolini and Tomei, 2006) che copre mediante dati meteo tutta la regione grazie a una griglia regolare di maglia 5km x 5km alimentata dall'interpolazione dei dati osservati provenienti dalle stazioni agrometeorologiche situate in regione. I dati salvati sono a cadenza oraria e l'intervallo temporale parte dalla fine degli anni ottanta, con un progressivo aumento nel corso degli anni della densità delle stazioni. Questa griglia è utilizzata a livello operativo all'interno del servizio e a livello regionale da diversi enti per cui risulta molto importante ai fini decisionali. In questo lavoro abbiamo valutato l'accuratezza del calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (ETP) calcolata partendo da dato grigliato confrontata con quella da dato stazione osservato per ricavarne eventuali discrepanze significative.

### Materiale and Metodi

Il calcolo dell'ETP è stato condotto tramite la formula di Hargreaves-Samani (Hargreaves and Samani, 1985)  $ETP=0.0135(KT)(Ra)(T_{max}-T_{min})^{0.5}(T_{mean}+17.8)$  dove KT è

una costante empirica posta per il nostro territorio a 0.17. Questa formula è stata utilizzata in ERG5 al posto della ben più usata formulazione FAO di Penman-Monteith (Allen et al., 1994) per diversi motivi. Il primo è il fatto che la formula si basa solo su temperature massime e minime giornaliere escludendo tutte le altre variabili agrometeorologiche. Le serie temporali di temperatura a livello regionale sono abbondanti mentre sono molto inferiori per altri sensori quali vento, umidità e radiazione. La propagazione dell'errore dovuto all'uso di sole due variabili è piccolo rispetto all'uso di molteplici variabili come nella formula di Penman-Monteith. Inoltre nel caso specifico della pianura dell'Emilia Romagna il vento gioca un ruolo secondario per cui l'approssimazione dovuta alla mancanza esplicita di questa componente è piccola.

Sono state individuate 6 stazioni campione rappresentative di larga parte della pianura emiliano-romagnola. Le stazioni considerate sono: San Pancrazio (PR Lat. 44.80806, Lon. 10.27245), Rolo (RE Lat. 44.884811, Lon. 10.873997), Vignola (MO Lat. 44.504051, Lon. 11.004141), Malborghetto di Boara (FE Lat. 44.857988, Lon. 11.661342), San Pietro Capofiume (BO Lat. 44.653776, Lon. 11.62264), Martorano (FC Lat. 44.16614, Lon. 12.267976).

Di queste stazioni sono state prese le serie storiche di dati di temperatura massima e minima giornaliere.

La griglia di interpolazione ERG5 legge la banca dati di variabili osservate orarie. Per le temperature vengono registrate le medie orarie interpolate per ciascuna cella. Per determinare quindi temperatura massima e minima giornaliere viene individuata la massima e minima delle

temperature medie orarie. Questo comporta sistematicamente un aumento della temperatura minima ed una diminuzione delle temperature massime. Ciò è un fattore di allerta applicando la formula di Hargreaves-Samani poiché quest'ultima si basa anche sull'escursione termica che in tale modo tende a diminuire rispetto a quella effettivamente registrata dalle stazioni. Per completare l'analisi abbiamo considerato i dati provenienti da un'altra griglia di ARPAE chiamata ERACLITO (Antolini et al., 2015) che invece detiene i valori interpolati giornalieri calcolati dalle effettive massime e minime delle stazioni regionali. Quest'ultima griglia che è usata per scopi climatologici considera però un set di stazioni molto più limitato rispetto a ERG5.

## Risultati e Discussione

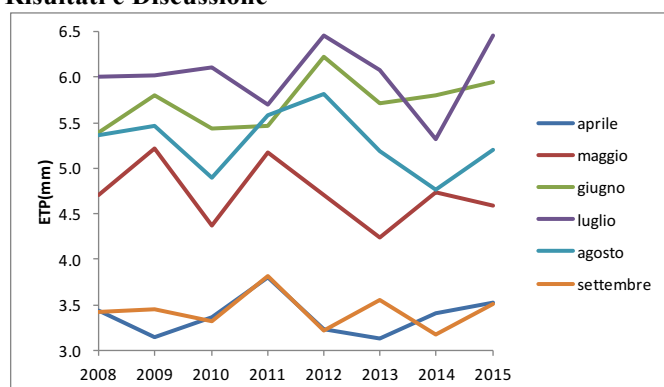


Fig.1 – Andamento mensile medio dell'ETP da aprile a settembre mediato sulle 6 stazioni considerate.

Fig.1 – Monthly time course of ETP from April to September averaged on the 6 weather stations considered here.

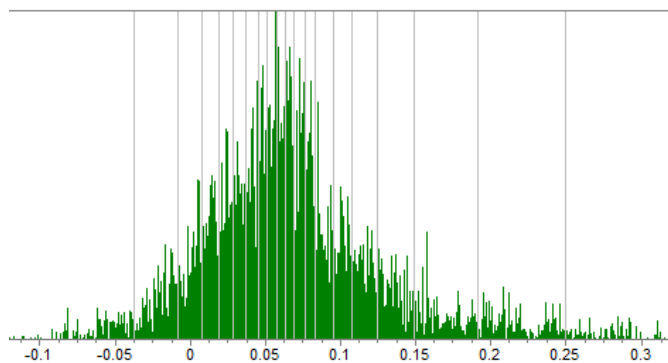


Fig.2 – Densità di anomalia normalizzata di  $\Delta T$  fra output di ERACLITO ed ERG5 (preso come riferimento) su tutta la regione Emilia-Romagna.

Fig.2 – Density of normalized anomaly of  $\Delta T$  between ERACLITO outputs and ERG5 outputs (reference) over the whole region Emilia-Romagna.

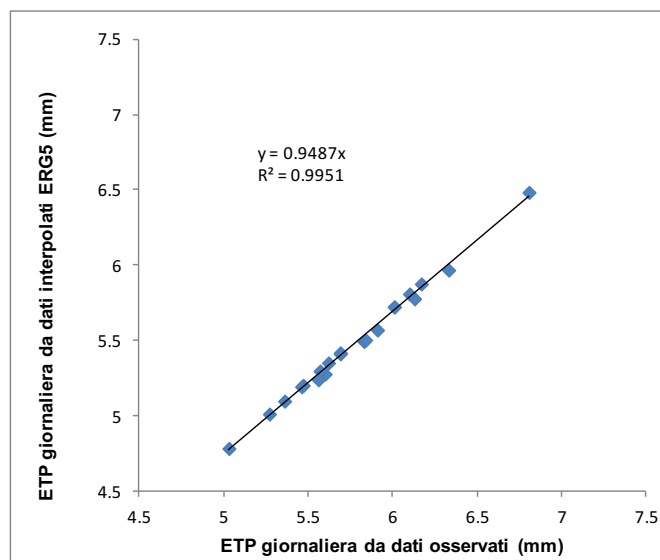


Fig.3 – Relazione tra ETP calcolata tramite Hargreaves-Samani da dati stazione (asse x) e dati interpolati ERG5 (asse y).

Fig.3 – Relationship between ETP computed through Hargreaves-Samani formula from station data (x axis) and from ERG5 interpolated data (y axis)

Innanzitutto diamo uno sguardo alla variazione dell'evapotraspirazione potenziale durante i mesi più critici dell'anno in Emilia-Romagna. Fig. 1 rappresenta la variazione di ETP mediata sulle 6 stazioni precedentemente citate da aprile a settembre. Dato l'elevato fabbisogno evapotraspirativo soprattutto nei mesi di giugno, luglio e agosto, diventa assai importante avere un rigoroso conteggio se pensato in termini operativi come è il caso di questi dati. In Fig. 2 è mostrata la differenza normalizzata dell'escursione termica giornaliera del periodo estivo tra celle ERG5 e celle ERACLITO. L'escursione ERACLITO risulta superiore in media del 6.8% rispetto a ERG5. Questa differenza si ripercuote direttamente sul computo di ETP. Fig. 3 infatti rappresenta la relazione tra ETP determinata da dati stazione (asse x) contro ETP determinata da dati interpolati ERG5 (asse y). I dati si riferiscono ai dati delle sei stazioni sopra citate e sono messi a confronto con i dati della cella su cui cade la stazione meteo. Vediamo che l'ETP risulta in estate ridotta di circa un 6% come si evince dal coefficiente angolare della linea di regressione pari a 0.9487 e un  $R^2$  prossimo a 1.

## Conclusioni

Abbiamo mostrato che l'uso dei dati della griglia interpolata ERG5 provocano una sottostima dell'evapotraspirazione pari al 95% di quella calcolata tramite dati provenienti dalle stazioni meteo. Questo comporta una valutazione inferiore del fabbisogno idrico delle colture. Data la struttura della formula di Hargreaves-Samani questo gap si può colmare con l'accortezza di utilizzare la formula aumentando la costante  $KT$  presente nella formula che per dati stazione è posta a  $KT = 0.17$

passando a  $KT = 0.18$ . Questo risultato che dal punto di vista scientifico probabilmente non dice tanto può comportare un importante miglioramento delle stime per la catena operativa di gestione dell'acqua nella regione Emilia-Romagna.

### **Bibliografia**

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.

Antolini, G., Auteri, L., Pavan, V., Tomei, F., Tomozeiu, R., Marletto, V., 2015. A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961–2010. *International Journal of Climatology*, 36: 1970–1986. DOI: 10.1002/joc.4473

Antolini G. , Tomei F., 2006. Praga - programma di analisi e gestione di dati agrometeorologici. *Atti del convegno Aiam 2006*, Torino, 6-8 giugno 2006, Riam 11(suppl. 1), 79-82

Hargreaves, G. H., Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1(2), 96-99